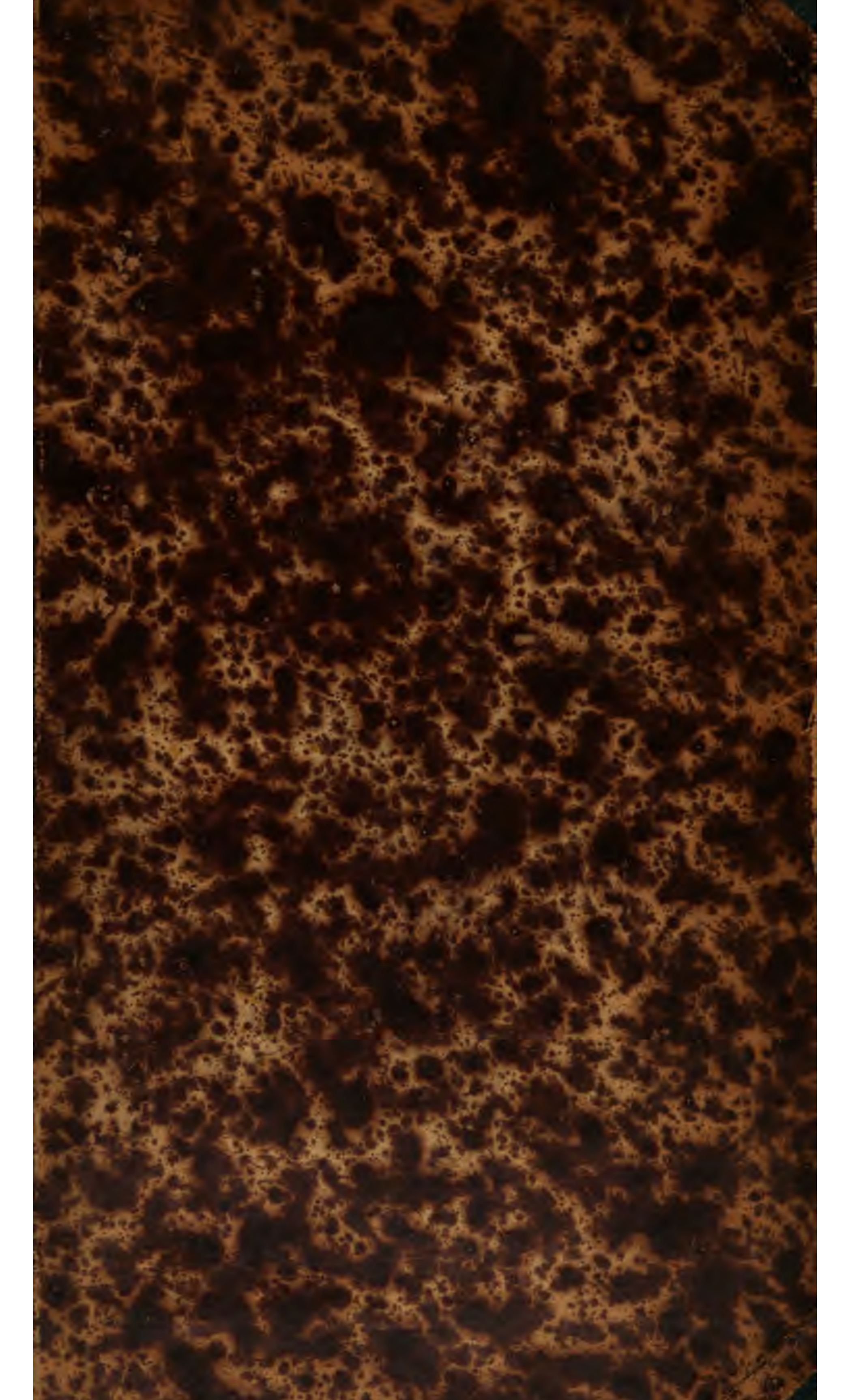
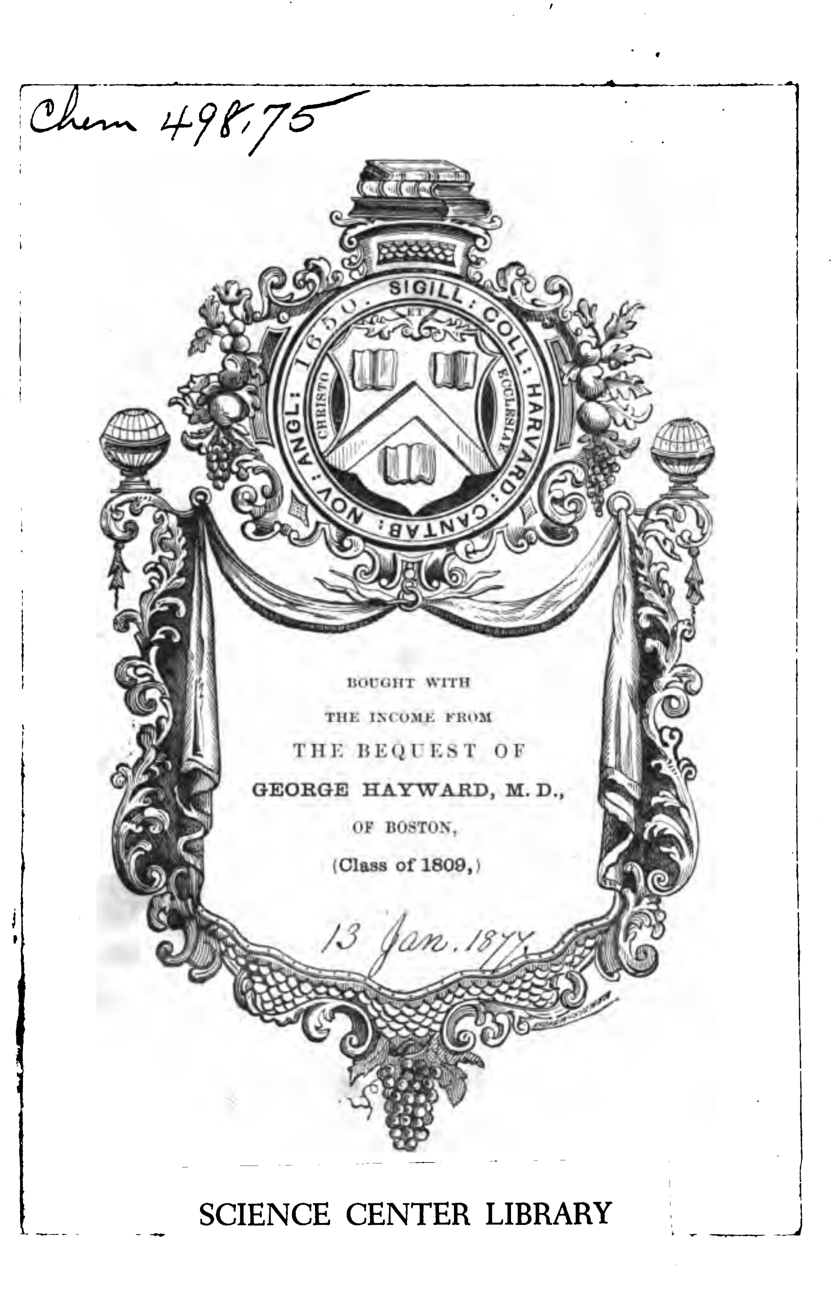



SIGILL : COLL : HARVARD : CANTAB : NOV : ANGL : 1650.
CHRISTO
ET
ECCLESIAE
BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
GEORGE HAYWARD, M. D.,
OF BOSTON,
(Class of 1809,)
13 Jan. 1877.

PHYSIOLOGISCH-CHEMISCHE

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

KEIMUNG ÖLHALTIGER SAMEN

UND DIE

VEGETATION VON ZEA MAYS

VON

DR. W. DETMER,

PRIVATDOCENT DER AGRICULTURCHEMIE AN DER UNIVERSITÄT JENA.

LEIPZIG UND CASSEL

LUCKHARDT'SCHE VERLAGSHANDLUNG

(FR. LUCKHARDT)

1875.

Vorbemerkungen.

Die Art und Weise des Verlaufes der physiologischen Processe bei der Keimung eines Samens ist in hohem Grade abhängig von der Natur der Reservenahrungsstoffe, die dem Embryo während der ersten Stadien seiner Entwickelung zur Disposition stehen. Da es wesentlich die Vorgänge bei der Keimung sind, welche in der vorliegenden Arbeit behandelt werden sollen, so war es von besonderem Interesse, Samen sehr verschiedener Beschaffenheit als Untersuchungsobjecte zu wählen. Einerseits erschienen ölhaltige Samen, andererseits die Samen von Zea Mays zu dem Zwecke sehr geeignet. Sowohl dort als auch hier finden wir Proteïnkörper als Reservenahrungsstoffe vor; jene Samen sind aber reich an Fett, diese dagegen reich an Stärke.

Die Untersuchungen begann ich im Winter 1873 im chemischen Universitätslaboratorium zu Halle und setzte sie dann im Sommer 1873 und 74 im Laboratorium des landwirthschaftlich-physiologischen Instituts der Universität Leipzig fort. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Heintz und Herrn Professor Stohmann meinen herzlichsten Dank für die Theilnahme auszusprechen, welche sie stets meinen Arbeiten widmeten.

Physiologisch-chemische Untersuchungen über die Keimung ölhaltiger Samen.

Historisches.

Es wäre eine sehr grosse Aufgabe, alle die Arbeiten in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen, die schon über den Keimungsprocess publicirt worden sind. Dies führte uns viel zu weit; unsere Erörterungen sollen sich nur auf diejenigen Untersuchungen beziehen, die in einem genaueren Zusammenhange zu den Fragen stehen, welche wir später selbst eingehender zu behandeln gedenken, und zu deren Weiterentwickelung und Lösung unsere Untersuchungen einen bescheidenen Beitrag liefern mögen.

Schon Malpighi, Bayle, Muschenbrock und Homberg wiesen vor etwa 200 Jahren nach, dass die Keimung nur bei Gegenwart von atmosphärischer Luft stattfindet [1]). Nachdem dann der Sauerstoff entdeckt war, fand man, dass dieser Körper es ist, der die atmosphärische Luft befähigt, die Keimung herbeizuführen. Rollo [2]) war wohl einer der ersten Forscher, der den Gegenstand etwas exacter bearbeitete. Er beobachtete, dass die Keimung in einem Gemenge von 54 Theilen atmosphärischer Luft und 46 Theilen Sauerstoff schneller vor sich gehe, als in gewöhnlicher atmosphärischer Luft; ferner, dass im Stickstoff- und Wasserstoffgase die Keimung überhaupt nicht stattfinde.

Der berühmte Genfer Gelehrte, Theodor de Saussure, hat auch die Processe bei der Keimung sorgfältig studirt, und zwar

1) Heiden, Düngerlehre Bd. I S. 142.

2) Rollo, Annales de Chm. Tome XXV. Auszug aus einer Abhandlung von 1798.

verdienen seine Arbeiten stets eine besondere Aufmerksamkeit, da er sich immer aufs Eifrigste bemühte, die Methoden seinen Untersuchungen zu Grunde zu legen, welche nach dem jeweiligen Stande der Wissenschaft den besten Erfolg versprachen. Saussure theilt seine ersten Untersuchungen über den Keimungsprocess in seinen Untersuchungen über die Vegetation mit [1]). Seine Beobachtungen bezüglich des Verhaltens der Samen in einer an Sauerstoff reicheren Atmosphäre stimmen mit denen von Rollo überein. Er fand, dass die Keimung im reinen Sauerstoff von weit stärkerer Kohlensäureentwicklung begleitet ist, als sie sich unter der Einwirkung von atmosphärischer Luft zeigt. Ferner hebt Saussure besonders hervor, dass bei den Versuchen mit Erbsen, Puffbohnen, Phaseolus, Gerste, Roggen, Lactuca, Portulack und Lepidium sativum, welche Samen mit sehr wenig Wasser in Berührung über Quecksilber keimten, in allen Fällen das Volumen der gebildeten Kohlensäure dem des verschwundenen Sauerstoffes gleich sei; er musste natürlich daraus den Schluss ziehen, dass aller Sauerstoff nur zur Oxydation des Kohlenstoffs der Samen gedient habe.

Dieselbe Ansicht sprach Humphry Davy aus; er war auch der Meinung, dass aller Sauerstoff zur Kohlensäurebildung diene, und dass bei der Keimung kein anderes Gas ausgehaucht werde [2]).

Von höherem Interesse, als die erste Arbeit Saussure's ist eine zweite vom Jahre 1834 [3]). Er weist hier zunächst auf seine früheren Untersuchungen hin, nach denen das Volum der bei der Keimung producirten Kohlensäure stets dem des verbrauchten Sauerstoffs gleich sein soll und bespricht dann seine neuen Untersuchungen, die andere Resultate lieferten. Bei manchen Samen zeigt sich in der That jenes Verhältniss, z. B. bei Roggen; Bohnen dagegen producirten beim Keimen ein grösseres Volumen Kohlensäure als sie Sauerstoff aufnahmen, und Lupinen zeigten nur während der ersten Keimungsperioden dies letztere Verhalten, wohingegen später die Sauerstoffaufnahme überwog. Diese Angaben gelten nur für die Keimung in atmosphärischer Luft, im reinen Sauerstoff wird stets mehr Sauerstoff absorbirt als Kohlensäure producirt. Saussure will ferner beobachtet haben, dass meist eine geringe Menge Stickstoff von

1) Recherches chimi. s. l. végét. §. 2.

2) Davy, Elemente d. Agriculturchemie. 1814. S. 240.

3) Saussure, Journal f. pract. Chm. Bd. III. 1834. S. 123.

keimenden Samen aufgenommen wird. Andererseits hat er auch beobachtet, dass unter Umständen bei der Fäulniss von Samen Stickstoff aufgenommen wird; zuweilen tritt bei diesem Processe aber auch eine Stickstoffabgabe auf.

Aus einer dritten Untersuchung Saussure's[1]) geht hervor, dass ölhaltige Samen mehr Sauerstoff absorbiren als sie Kohlensäure entwickeln.

Hanf trieb in 43 Stunden bei 22° C. 16 Mm. lange Wurzeln,
nahm auf Sauerstoff 19,7 C.C.
hauchte aus Kohlensäure 13,26 „ „
Raps in 42 Stunden bei 21,5° C.
nahm auf Sauerstoff 31,4 C.C.
hauchte aus Kohlensäure 24,39 „ „

Bleiben wir zunächst dabei stehen, die Veränderungen kennen zu lernen, welche die Luft durch den Keimungsprocess erleidet, so wäre jetzt die Arbeit von Oudemans und Rauwenhoff zu nennen[2]). Diese Forscher liessen die Keimung nicht unter einer Glocke, sondern im Luftstrom vor sich gehen und kamen dabei besonders zu folgenden Resultaten: Die Aufnahme von Sauerstoff überwiegt nur in den ersten Keimungsperioden die Abscheidung der Kohlensäure, später wird von diesem Gase mehr ausgehaucht, als Sauerstoff aufgenommen wird. Ausser der Kohlensäure und dem Wasserdampfe wird sowohl bei ölhaltigen als auch bei stärkehaltigen Samen kein anderes Gas producirt. Der Stickstoff der Samen vermindert sich durch die Keimung nicht. Die verschiedenen Samen und die verschiedenen Arten der Samen produciren in verschiedenen Keimungsperioden verschieden grosse Quantitäten von Kohlensäure. Auch beobachteten die Forscher, dass bei mehreren stärkehaltigen Samen der Sauerstoffverlust so gross war, dass die Keimungsproducte procentisch reicher an Kohlenstoff wurden, wohingegen z. B. bei Brassica Napus der Sauerstoffverlust sich minder erheblich herausstellte, und eine Depression des procentischen Gehaltes der Keimungsproducte an Kohlenstoff stattfand.

Im Jahre 1862 war es Max Schulze[3]), der den Keimungsprocess mehrerer Samen genauer studirte. Seine Untersuchungen bezogen

1) Froriep's Notizen, 1842. Bd. XXIV. N. 16. S. Sachs, Handbuch S. 270.

2) Jahresbericht d. Chemie. 1859. S. 491.

3) Schulze, Journal f. pract. Chm. 1862. Bd. 87. S. 129.

sich auf Lepidium, Iberis, Vicia, Lupinus, und bei allen fand er, dass kein Schwefelwasserstoff, noch schweflige Säure, noch Kohlenwasserstoffe abgeschieden werden. Dagegen beobachtete Schulze bei der Keimung dieser Samen eine Abscheidung von Stickstoff und Wasserstoff. Bei der Keimung von Bohnen fand er z. B. die rückständige Luft in 100 Theilen folgendermassen zusammengesetzt:

	Versuchsreihe III.	Versuchsreihe IV.
CO_2	51,52	30,705
O	0,636	0,705
H	1,015	37,566
N	46,829	31,024
	100,000	100,000

Um die Frage zu entscheiden, ob der Wasserstoff und Stickstoff nicht etwa als Fäulnissproducte anzusehen seien, zerrieb Schulze Samen und liess diese Masse nun längere Zeit mit der Luft in Berührung. Es ergab sich bei der Analyse des rückständigen Volumens, dass auch hier Stickstoff producirt war; die Bildung von Wasserstoff konnte dagegen in einigen Fällen nicht beobachtet werden, in anderen blieb sie zweifelhaft. Da hier weniger Stickstoff producirt war, als bei den Keimungsversuchen, wenn man die Resultate auf gleiche Quantitäten des Materials bezieht, so meint Schulze, dass der Keimungsprocess von der Abscheidung des Stickstoffes und Wasserstoffes begleitet sei, und dass die Zersetzung der Proteïnkörper die Gasaushauchung veranlasse. Bedenkt man indessen nun, dass die Samen unter ganz abnormen Verhältnissen keimten, nämlich in geschlossenen Gläsern, also in einer Atmosphäre, die bald nach Beginn des Processes sehr arm an Sauerstoff wurde, und zieht man die Thatsache in Rechnung, dass zuweilen nur die Hälfte der ausgelegten Samen keimte, so scheint der Schluss gerechtfertigt, dass diese Untersuchungen durchaus nicht dazu angethan sind, die Abscheidung von Stickstoff und Wasserstoff zu beweisen, ja mir scheint, als wenn diese Ansicht von Schulze durch spätere Arbeiten, z. B. auch durch unsere Untersuchungen bezüglich des Stickstoffverlustes, widerlegt sind, und dass die Abscheidung jener Gase die Folge von Fäulnissprocessen war [1]).

1) Wie ungünstig die Keimungsbedingungen waren, die Schulze gab, geht z. B. daraus hervor, das er Gerste unter den Umständen nicht zum Keimen bringen konnte.

Interessant ist die Beobachtung von Schulze, dass die producirte Kohlensäuremenge immer über 20,9 Volumprocente beträgt, ein Beweis, dass bei der Keimung seiner speciellen Samen auch Sauerstoff aus den Samen zur Kohlensäurebildung diente, da die atmosphärische Luft 20,9 Volumprocente jenes Gases enthält. Diese Thatsache ist auch neuerdings von Sachsse für die Keimung von Pisum constatirt worden [1]). Ein kleiner Rest des Sauerstoffs der Luft wurde von den Samen zurückgelassen, dieser scheint hartnäckig bestrebt zu sein, für sich als solcher zu bestehen. Alkoholbildung konnte Schulze bei der Keimung nicht beobachten.

Ausser einer Arbeit Fleury's [2]) wäre jetzt vor allem die von Hellriegel zu nennen [3]). Dieser führt zunächst an, dass Letellier im Laboratorium Boussingault's fand, dass ölhaltige Samen beim Keimen einen Theil des Fettes verlieren. Ferner bemerkt er, dass Dr. Reumert auch schon ähnliche Beobachtungen gemacht habe; indessen sind dies alles nur vereinzelte Angaben, und Hellriegel fühlte sich veranlasst, den Keimungsprocess des Rapses genauer zu studiren. Er hat die Elementaranalyse mit der Gasanalyse und der Untersuchung auf die näheren organischen Bestandtheile combinirt. In mehreren Perioden untersuchte Hellriegel die Keimungsproducte, und es stellte sich heraus, dass die Samen Kohlenstoff und Wasserstoff verloren, dagegen Sauerstoff aufnahmen. Die Gasanalysen ergaben ein gleiches Resultat. Bis zum Ende der Keimung producirten z. B. 100 Theile 2,547 Theile Kohlensäure, nahmen dagegen 3,038 Theile Sauerstoff auf. Die Resultate der Elementaranalysen stimmen übrigens sehr schlecht mit denen der Gasanalysen, was Hellriegel dadurch zu erklären sucht, dass er angiebt, nicht die Kohlensäure bestimmt zu haben, welche die Samen nach Saussure beim Trocknen verlieren. Dies ist allerdings eine Fehlerquelle, indessen es mögen auch noch andere in der ganzen Methode liegen, die Hellriegel benutzte. Man hat darüber auch nicht die mindesten Anhaltspunkte, denn die Beschreibung der Art und Weise, wie die Untersuchungen angestellt sind, fehlt leider vollständig. Was den Stickstoff anbetrifft, so hat Hellriegel keinen Verlust an die-

1) Sachsse, Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum. 1872. S. 23.

2) Annales de Chm. et de Phys. IV. Serie T. IV. P. 38.

3) Journal f. pract. Chm. 1855. S. 94.

sem Elemente bei der Keimung beobachtet; Kohlensäure und Wasser sind die einzigen Producte.

Bezüglich des Fettes beobachtete unser Autor zuerst eine geringe Zunahme, dann aber verschwindet es mehr und mehr. Cellulose wird nicht gebildet, wenigstens vermochte Hellriegel nicht nach seiner Methode eine Zunahme an diesem Körper nachzuweisen; dagegen aber nimmt er eine geringe Production von Traubenzucker und Bitterstoffen an. Stärkebildung weist Hellriegel nicht nach. Besonders hervorzuheben ist noch, was der Experimentator bezüglich des Verhaltens des Fettes sagt. Er meint nämlich, dass ein Theil desselben sich oxydire, wodurch die Sauerstoffaufnahme erklärlich werde, und in Bitterstoffe übergehe, wohingegen ein anderer Theil durch Oxydation Kohlensäure und Wasser liefere.

Bisher hatte man den Keimungsprocess fast ausschliesslich vom rein chemischen Standpunkte ausgehend betrachtet und war natürlich dadurch gezwungen, immer nur die Producte in der ganzen Pflanze nach ihrem allgemeinen Verhalten zu studiren, ohne Rücksicht auf die Localität der Entstehung und des Verbrauches nehmen zu können. Diesem sehr fühlbaren Mangel suchte zuerst Sachs dadurch abzuhelfen, dass er einer neuen Forschungsmethode Bahn brach, indem er das Mikroskop zur Anwendung brachte, um die Vorgänge bei der Keimung genauer kennen zu lernen. Der neue Weg führte jenen bedeutenden Physiologen auch sehr bald zu höchst interessanten Resultaten, und als eins der wesentlichsten muss die Entdeckung der Thatsache angesehen werden, dass Stärke sich bei der Keimung ölhaltiger Samen aus dem Fette bildet. Im Jahre 1859 publicirte Sachs eine Abhandlung über das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen[1]). Hier constatirte er zuerst jenes Factum, wies dann aber weiter nach, dass aus der Stärke sich Zucker bildet, oder dass auch direct das Fett in Zucker übergeht, ohne die vorhergehende Stärkeproduction, oder doch nur verbunden mit der Entstehung geringer Quantitäten dieses Kohlenhydrates. Nach diesen Untersuchungen sind nicht alle Theile des Samens gleich reich an Stärke. Besonders findet sie sich im Parenchym des Embryos, sowohl in dem der Cotyledonen als auch in dem der Achsenorgane. Dagegen aber findet sich in der Epidermis meist nur wenig

1) Botanische Zeitung. 1859. S. 177.

Fett und im Urmeristem fehlt es ganz, wohl aber finden sich auch hier Eiweissstoffe. An verschiedenen Beispielen, z. B. Ricinus communis, Helianthus annuus, Prunus Cerasus, sucht Sachs nun zu zeigen, in welcher genauen genetischen Beziehung die Stärke- und Zuckerbildung zur Entstehung der Cellulose, d. h. also zum Wachsthum bei der Keimung steht. Der morphologische Entwickelungsprocess geht Hand in Hand mit den Metamorphosen der Reservenahrungsstoffe. Zuerst streckt sich die Radicula, dann das hypocotyle Glied, weiter beginnen die Cotyledonen und endlich die Terminalgebilde ihre Streckung. In gleicher Reihenfolge bildet sich nun auch Stärke aus dem Fett an den betreffenden Orten des Embryos, und während der Streckung entsteht dann auch Zucker aus der Stärke oder dem Fett. Hört die Streckung an einem Punkte auf, so findet hier auch keine Umwandlung des Fettes weiter statt; man sieht demnach, dass die innigsten Relationen zwischen den verschiedenen Processen walten, und dass das Fett es sein muss, welches zuletzt das Material zur Cellulosebildung bei der Keimung ölhaltiger Samen liefert.

Ganz analoge Beobachtungen machte Sachs 1862, als er den Keimungsprocess der Dattel studirte[1]). Hier findet sich die grösste Quantität des Fettes, vereint mit Plasma, in den mit starken Verdickungsschichten versehenen Zellen des Endosperms. Mittelst eines Saugorganes wird dem Embryo das Fett, wie es scheint, als solches zugeführt, und nun geht wieder die Stärkebildung Hand in Hand mit der morphologischen Entwickelung.

Ganz neuerdings hat Tietschert[2]) die Entwickelungsgeschichte von Brassica Napus oleifera verfolgt und ebenfalls die Beobachtung der Stärkebildung aus dem Fett gemacht, die auch hier Hand in Hand mit der Streckung der Organe ging, und aufhörte, wenn diese nicht weiter stattfand. Zuckerbildung konnte er indessen nicht beobachten, hier ebensowenig wie bei der Keimung von Secale cereale.

Mit diesen auf mikrochemischem Wege erhaltenen Resultaten stimmen nun auch quantitativ analytische Arbeiten überein, wenigstens bezüglich der Bildung der Cellulose aus dem Fett. Wir führen hier zunächst eine Arbeit von Boussingault an, die zur Er-

1) Sachs, Botanische Zeitung. 1862. S. 241.

2) Keimungsversuche mit Roggen und Raps. 1872. S. 75.

kenntniss des Keimungsprocesses des Mais angestellt wurde. Der Same enthält mehr Fett als die meisten anderen Gramineen, und dadurch tritt das Verschwinden des Körpers deutlicher hervor. Die verschwundene Masse hatte zur Production von Kohlensäure und Wasser einerseits, andererseits aber schliesslich zur Zellhautbildung gedient [1]).

Endlich sei es uns noch gestattet, die schöne Arbeit von Peters über die Keimung der Kürbissamen anzuführen [2]). Die Untersuchungen beziehen sich besonders auf die Umwandlungen, welche die näheren organischen Bestandtheile während des Verlaufes des Processes erleiden, und man hat darum das Hauptaugenmerk auf die Veränderungen zu richten, denen die Stoffe unterworfen sind. Peters untersuchte einerseits den ruhenden Samen, weiter die Keimungsproducte während dreier Perioden und zwar nicht nur die ganze Pflanze, sondern auch die einzelnen Theile derselben. Die folgende Tabelle giebt einen Ueberblick über die Gesammtresultate der Untersuchungen.

1000 Keime von Cucurbita Pepu enthalten:

Bestandtheile:	Ruhender Same:	Keimungsproducte: Periode I:	Periode II:	Periode III:
Oel	136,65	103,51	56,43	12,98
Zucker	Spur	3,81	9,48	12,80
Gummi und Dextrin	Spur	2,56	3,55	6,13
Stärke	0	8,89	17,50	6,63
Zellstoff	8,34	9,33	12,23	21,20
Proteïnstoffe	110,07	109,60	98,33	94,62
Asche	14,08	14,14	14,57	18,06
Unbestimmte Stoffe	6,86	22,96	33,01	43,48
Gesammtgewicht	276,00	274,80	245,10	215,90

Man sieht also, dass diese Ergebnisse völlig mit den mikrochemischen Resultaten von Sachs übereinstimmen; wir wollen hier nicht näher in die Details der Arbeit eingehen, nicht erörtern, wie sich die Stoffmetamorphose und der Stoffverbrauch in den einzelnen Regionen der Pflanzen gestaltet, sondern nur einzelne Hinweise auf die Deutung der Zahlen uns gestatten. Das Fett nimmt fortschreitend ab, ein bedeutender Theil muss zur Kohlensäure- und Wasser-

1) Comptes rendus. 1864. T. 58. p. 917.

2) Versuchsstationen. 1861. B. III. S. 1.

production gedient haben, ein anderer geht in Stärke oder Zucker über. Der Stärkegehalt nimmt erst zu, dann in der dritten Periode ab, weil der Verbrauch stärker als die Bildung ist. Der Zellstoff dagegen nimmt continuirlich zu. Was die Abnahme der Proteïnstoffe anbetrifft, so kann sie vielleicht aus dem Umstande erklärt werden, wie Sachs dies angiebt [1]), dass die Wurzelspitzen bei dem Herausheben der Pflanzen aus den Sägespähnen, in denen die Culturen vorgenommen wurden, abrissen, und so ein Verlust herbeigeführt wurde.

Darlegung
unserer Untersuchungen und Bemerkungen über frühere Arbeiten.

Allgemeines.

Es liegt offenbar einerseits die Möglichkeit vor, dass die physiologisch-chemischen Processe bei der Keimung ölhaltiger Samen [2]) in ihrem Verlaufe bei den verschiedenen Pflanzen eine grössere oder geringere Uebereinstimmung selbst bezüglich der quantitativen Verhältnisse aufweisen; andererseits aber kann es der Fall sein, dass beträchtliche Abweichungen stattfinden. Mindestens würde es unrichtig sein, eine allgemeine Schlussfolgerung, die für sämmtliche ölhaltige Samen Gültigkeit haben sollte, zu ziehen, wenn man den Keimungsprocess einer Species genau untersucht hätte. Man darf a priori annehmen, dass wohl mancherlei Aehnlichkeiten während des Verlaufs des Vorganges sich zeigen werden; bis zu welchem Grade dies aber der Fall ist, darüber können uns nur Untersuchungen belehren, denen verschiedene ölhaltige Samen als Objecte dienen. Ich benutzte aus diesen Gründen zu meinen Arbeiten auch Samen aus verschiedenen Familien, nämlich solche von Cannabis sativa, Brassica Napus oleifera und Papaver somniferum. Die Kei-

1) Sachs, Handbuch. 366.

2) Unter ölhaltigen Samen sind stets solche verstanden, deren Reservenahrungsstoffe neben Proteïnstoffen wesentlich aus Fett bestehen, nicht also z. B. die von Zea Mays, welche als besonders stärkemehlhaltige Samen auch verhältnissmässig viel, oft 7%, Fett enthalten.

mung musste in der Dunkelheit verlaufen; im Lichte würden die hervorgetretenen Blattorgane sehr schnell ergrünt sein, und dadurch wäre zu dem Keimungsprocesse noch der Vorgang der Assimilation hinzugetreten, was natürlich zu vermeiden war, wenn es sich um die Erkenntniss des Keimungsprocesses ausschliesslich handelte.

Wieder müssen wir auf zwei Möglichkeiten aufmerksam machen, die sich durch die Untersuchungen herausstellen können, nämlich auf die einerseits, dass in den verschiedenen Keimungsperioden die Vorgänge in qualitativer und quantitativer Hinsicht Uebereinstimmung zeigen, oder auf die weitere, dass auch bezüglich dieser Verhältnisse Verschiedenheiten obwalten. Beim Hanf wurde das Ende der ersten Periode nach 168 Stunden, also 7 Tagen erreicht; das Würzelchen hatte dann eine Länge von 2—3 Cm. erreicht, und das hypocotyle Glied begann sich deutlich zu strecken. 3 Tage später wurde der Schluss der zweiten Periode angenommen bei einer Länge der Wurzel von 3—4 Cm. und einer ähnlichen des hypocotylen Gliedes. Die Keimung des Rapses wurde nach 4 Tagen, also 96 Stunden, unterbrochen; die Ausbildung der Pflanzen war dann bei den Objecten, die unter der Wirkung verschiedener Temperatur erzogen waren, verschieden. Betrug letztere 17—19° C., so erreichte die Wurzel und auch das hypocotyle Glied je eine Länge von 8—10 Cm.; war sie höher, so fand eine entsprechend weitere Entwickelung statt. Das Ende der Keimungsversuche mit den Mohnsamen wurde gleichfalls nach 4 Tagen herbeigeführt.

Es ist entschieden der Fall, dass derartige Untersuchungen, wie die mitzutheilenden es sind, viele Schwierigkeiten darbieten, die darum um so bedeutsamer sind, als man oft nicht im Stande ist, sie fortzuräumen. Erinnern wir uns z. B. nur an die individuellen Unterschiede der einzelnen Objecte, und wir müssen gestehen, dass mancherlei Umstände das Resultat trüben können. Nur eine grosse Anzahl von Arbeiten über ähnliche Gegenstände wird nach und nach den Sachverhalt in ein ganz klares Licht stellen, und die nachfolgenden Untersuchungen mögen denn auch einen kleinen Beitrag zur Erreichung jenes Zieles liefern. Die folgende Uebersicht wird dazu dienen, um zunächst die Punkte anzudeuten, auf welche sich die Untersuchungen erstreckten.

I. Die Kohlensäureentwickelung bei der Keimung ölhaltiger Samen.

II. Die elementare Zusammensetzung ölhaltiger Samen vor und nach der Keimung.

III. Die Sauerstoffaufnahme bei der Keimung ölhaltiger Samen.

IV. Die Beschaffenheit der Samen als solcher und der Reservenahrungsstoffe vor der Keimung ölhaltiger Samen, sowie die Veränderungen, welche jene und diese durch den Keimungsprocess erleiden.

I.

Die Kohlensäureentwickelung bei der Keimung ölhaltiger Samen.

Man hat verschiedenartige Apparate construirt, um die Kohlensäure quantitativ zu bestimmen, welche von keimenden Samen ausgeathmet wird. Wir verweisen hier auf den von Fleury, auf einen von Sachs[1]) und einen von Sachsse[2]). Diese Apparate erfüllen sicher in mancher Hinsicht ihre Zwecke sehr gut; indessen dürfte eine Methode zur Bestimmung der Kohlensäure vorzuziehen sein, die bei ein und derselben Versuchsreihe eine Controle gestattet, und die das Abfiltriren von kohlensaurem Baryt ausschliesst. Mir schien dazu die Titrirmethode mittelst Barytwassers, Oxalsäure und Rosolsäure sehr geeignet, die bei der Benutzung des Respirationsapparates in Anwendung gebracht wird, und die Pettenkofer und Henneberg ausführlicher beschrieben haben[3]).

Mein Apparat bestand zunächst aus einem grossen Glasgefässe, in welchem eine Glasglocke stand, die $3^1/_2$ Liter Inhalt besass. Die Glocke war oben tubulirt und mittelst eines zweifach durchbohrten Kautschukkorkes verschlossen. Auf den Boden des Glasgefässes war eine Schicht von 2 Cm. Quecksilber gebracht, und durch diese wurde die Glocke unten abgeschlossen. Auf dem Quecksilber schwamm dann das Gefäss mit den Samen, worauf wir später zurückkommen werden. Zwei Glasröhren, jede an ihrem einen Ende in einem Win-

---

1) Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. S. 271.

2) Sachsse, Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum. Leipzig 1872. S. 4.

3) Henneberg, Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. 1870. S. 22.

kel gebogen, waren in den Oeffnungen des Korkes der Glocke befestigt; die eine diente dazu, Luft in die Glocke eintreten zu lassen, diese ging hinab bis dicht zu den Samen; wohingegen die zweite unmittelbar unter dem Korke aufhörte und die Luft aus dem Apparate fortleitete. Die atmosphärische Luft, welche in die Glocke eintrat, musste vorher von ihrer Kohlensäure befreit werden, und dies, wie auch die Bindung der bei der Keimung producirten Kohlensäure, geschah mittelst des Barytwassers.

Es befand sich letzteres in Barytröhren, jenen langen, mit einer Kugel an einem Ende und mit einer passenden Mündung für einen durchbohrten Kautschukkork am anderen Ende versehenen Glasapparaten, wie sie bei der Benutzung des Respirationsapparates zur Anwendung kommen. Nur in Halle leitete ich die eintretende Luft nicht durch solche Barytröhren, sondern durch Apparate, die mit Kalilauge und Aetzkali, sowie durch einen, der mit Barytwasser gefüllt war; die austretende Luft ging dagegen stets durch Barytwasser. Die atmosphärische Luft musste zwei Barytröhren passiren; wenn sich das Barytwasser in der zweiten trübte, so wurde die Röhre durch eine neue ersetzt. Die austretende, mit Kohlensäure erfüllte Luft ging ebenfalls durch zwei Röhren, die erste wurde jede 24 Stunden erneuert, die zweite oft während des ganzen Versuches nicht, oder nur dann, wenn das Barytwasser sich zu trüben begann. In den Kork der Barytröhren war ein Glasrohr eingeschoben, das an einem Ende einen Kautschukschlauch mit einem zweiten, zu einer Spitze mit feiner Oeffnung ausgezogenen Glasrohre trug, welches letzteres in das Barytwasser tauchte. Das andere Ende des ersten Glasrohres diente dazu, Kautschukschläuche darüber zu ziehen, um so durch Verbindung mit den Kugelenden der Barytröhren und weiter mit dem Ein- und Austrittsrohre der Glocke die Verbindungen zwischen allen Apparaten herzustellen. Es sei hier noch bemerkt, dass der Raum in der Glocke durch von aussen um sie gelegte schwarze Tücher verdunkelt wurde. Als Aspirator diente mir in Halle die Bunsen'sche Luftpumpe; in Leipzig dagegen der ganz ausgezeichnete Tropfaspirator, welcher zuerst von Stammer beschrieben worden ist[1]). Mittelst dieser Vorrichtungen war es möglich, ununterbrochen, während der Dauer einer ganzen Versuchsreihe,

1) Neues Handwörterbuch der Chemie. 1873. B. I. S. 831.

also 4, resp. 7, resp. 10 Tage, einen constanten Luftstrom durch die zusammengesetzten Apparate zu leiten, und zwar zeigten mehrfache Versuche, bei denen eine Gasuhr eingeschaltet war, dass in 24 Stunden etwa 38 Liter atmosphärischer Luft den Apparat durchströmten.

Was nun die Beschaffenheit und die Behandlung des Barytwassers anlangt, so sei Folgendes darüber bemerkt. Zur Darstellung desselben wurden nach Pettenkofer's Vorschrift 105 Grm. Barythydrat in 5 Liter Wasser gelöst und noch 15 Grm. Chlorbaryum hinzugefügt. Die Mischung blieb unter häufigem Umschütteln 24 Stunden in einem geschlossenen Gefässe stehen, dann wurde sie ruhig zum Absetzen hingestellt, und die klare Flüssigkeit in das Gefäss gegossen, aus welchem sie zum Gebrauch entnommen werden sollte. Es war dies eine grosse zweihalsige Wulf'sche Flasche, die unten auch mit einem Tubulus versehen war. Von hier aus konnte die Flüssigkeit in eine Bürette einfliessen, und die Luft, welche dadurch verdrängt wurde, trat durch eine Schlauchverbindung aus dem oberen Theile der Bürette in die grosse Flasche durch den einen oberen Hals ein; während der zweite dazu diente, Luft zuzuführen, welche zuvor durch Kalilauge entkohlensäuert war, wenn man aus der Bürette Barytwasser abliess. Diese überaus bequeme Vorrichtung hat Herr Professor Stohmann in seinem Laboratorium herstellen lassen; ich benutzte dort diesen Apparat und hatte mir in Halle einen gleichen construirt. Die Barytröhren wurden nun unmittelbar aus der Bürette gefüllt, und zwar enthielten die ersten beiden, in denen die Luft von Kohlensäure befreit werden sollte, 100, bezüglich 200 C.C. Barytwasser; in die beiden, welche zur Auffangung der Kohlensäure dienten, die durch den Keimungsprocess producirt war, und an deren letzte der vom Aspirator kommende Schlauch befestigt war, wurden dagegen je 100 C.C. der Absorptionsflüssigkeit gefüllt. Wir wollen die erste dieser beiden, in welche also die Luft direct aus der Glocke gelangte, mit A bezeichnen, die zweite dagegen mit B.— A wurde also nach je 24 Stunden erneuert, indem die alte Röhre fortgenommen und eine bereits gefüllte eingeschaltet wurde. B wurde, wie erwähnt, gar nicht oder nach Bedürfniss ersetzt. Aus den Röhren wurde die Flüssigkeit mit dem gebildeten Niederschlage von kohlensaurem Baryt in Gläser gegossen, die zu verschliessen waren und ruhig standen, bis die Flüssigkeit

sich gänzlich geklärt hatte. Dann wurden je 20 oder je 30 C.C. herausgenommen, und nun nach Zusatz von in Alkohol gelöster Rosolsäure titrirt. Das Herausnehmen der Menge geschah in Halle mittelst einer Pipette, in Leipzig benutzte ich dazu einen von Prof. Stohmann sehr sinnreich construirten Apparat. Dieser besteht im Wesentlichen aus einer Pipette zu 30 C.C., die oben mit einem gebogenen Rohre verbunden ist. Letzteres steht mit einer sogen. Birne in Verbindung, welche nach unten ein Glasrohr besitzt, in welches seitlich Wasser eintreten kann, um so die Birne zu füllen. Taucht man die Pipette nun in die aufzusaugende Flüssigkeit, öffnet einen Hahn, der unmittelbar über ersterer in dem Verbindungsrohre angebracht ist, und öffnet einen Quetschhahn, der sich unten am Rohr der Birne befindet, so fliesst hier Wasser ab, die Pipette füllt sich dagegen. Hat man bis zur Marke eingestellt, so schliesst man die Hähne, taucht das Rohr der Pipette in ein trockenes Glas, um durch Oeffnen des Pipettenhahnes die 30 C.C. abfliessen zu lassen. Durch diesen Apparat wird verhindert, dass Kohlensäure in das Barytwasser gelangt, was beim Aufsaugen so leicht der Fall ist. Die 20 oder 30 C.C. enthielten nun um soviel Basis weniger, als die Kohlensäure, welche durch die Keimung producirt war, in Form von kohlensaurem Baryt gefällt hatte; und wenn die Barytmenge oder die entsprechende Kohlensäurequantität bekannt war, die in dem ursprünglichen Barytwasser sich fand, oder durch dasselbe gebunden werden konnte, und wenn man Aufklärung über dieselben Verhältnisse nach dem Durchgange der Luft erlangen konnte, so war daraus mit Leichtigkeit die von den keimenden Samen producirte Kohlensäure zu berechnen. Die Kohlensäuremenge, die in 20 resp. 30 C.C. Barytwasser gefunden wurde, war nur noch mit 5 resp. $3^1/_3$ zu multipliciren, da 100 C.C. Barytwasser ja im Ganzen benutzt wurden. Das Titriren geschah unter Benutzung von Rosolsäure und Oxalsäure oder des vierfach oxalsauren Kalis. Die Rosolsäure bietet den grossen Vortheil, der aber nur bei nicht gefärbten Flüssigkeiten, wie die unserigen, auszunutzen ist, dass man es nicht, wie bei der Verwendung der Lackmustinktur, mit den Uebergangsfarben zu thun hat. Die intensiv rothe Farbe verschwindet sofort nach dem Zusatze der minimalsten Menge der Säure. Von der Oxalsäure wurden genau 2,8636 Grm., von dem Salze 3,8515 Grm. abgewogen und in 1 Liter Wasser gelöst. Es ent-

sprechen diese Mengen gerade 1 Grm. Kohlensäure, was sich aus der Berechnung der Formeln $C_2H_2O_4 + 2\ H_2O$ und $C_2HKO_4 + C_2H_2O_4 + 2H_2O$ ergiebt. Wenn 1 Liter oder 1000 C.C. der Säure oder des Salzes 1 Grm. oder 1000 Milligr. Kohlensäure entsprechen, so entspricht 1 C.C. der Lösungen 1 Mlgrm. Kohlensäure und $^1/_{10}$ C.C. 0,1 Mlgrm. Kohlensäure. Da man nun beim Titriren auf $\frac{1-2}{10}$ C.C. genau arbeiten kann, so geht daraus hervor, dass 0,1—0,2 Mlgrm. Kohlensäure genau bestimmt werden können. Die Methode liefert demnach sehr gute Resultate.

Was nun die Samen anbetrifft, so wurden diese vor den Versuchen mittelst eines Siebes vom Staube befreit und zu den Versuchen mit den Hanfsamen diejenigen herausgesucht, welche eine ziemlich hellgefärbte Fruchtschale besassen und überhaupt sonst gut aussahen. Sie wurden in einem Glase im lufttrockenen Zustande aufbewahrt und nach Bedarf in Benutzung genommen. Während der Zeit der Versuche wurden öfters Proben genommen, um Wasserbestimmungen damit auszuführen. Zu diesem Behufe wurde eine gewogene Menge möglichst fein im Mörser gestossen, der Mörser mit etwas Aether ausgespült, um etwa nach dem Herausnehmen der Samen hängen gebliebenes Fett zu entfernen, der Aether zu den Samen in einen Tiegel gethan, und nun bei 105° C. getrocknet. Diese Arbeiten ergaben den Trockensubstanzgehalt der Samen wie folgt[1]):

Hanf = 89,86 % Trockensubstanz,
Raps = 90,90 „ „
Mohn = 91,33 „ „

Eine gewogene Menge der Samen wurde zu den Versuchen in ein Schälchen gethan, mit 10 C.C. Wasser übergossen, das Gefäss dann auf das Quecksilber unter die Glocke gestellt und mit dem Durchleiten der Luft begonnen. Nach 48 Stunden, wenn die Samen gehörig gequollen waren, wurde die Glocke geöffnet, das Quellwasser abgegossen, in ein zu verschliessendes Glas gebracht, und noch Wasser dazu gethan, mit dem die Samen abgespritzt waren. Es versteht sich von selbst, dass stets destillirtes Wasser zur Anwendung kam. Die Samen wurden nun auf Bimsteinplatten von etwa

1) Die analytischen Belege am Ende der Abhandlung enthalten die Angaben, aus denen die vorliegenden Mittelzahlen abgeleitet sind.

1 = 1,5 Cm. Dicke so aufgelegt, dass sie sich gegenseitig nicht berührten, und die Platten in eine flache Schale gebracht, die 40 C.C. Wasser enthielt und auf dem Quecksilber schwamm. Dann wurde der Apparat wieder geschlossen, und der Versuch weitergeführt. Nach Beendigung desselben kam es nun darauf an, die Samen zu trocknen; indessen da es durch Beobachtungen von Saussure[1]) bekannt ist, dass gekeimte Samen beim Trocknen noch Kohlensäure entwickeln, so musste diese noch bestimmt werden. Ich brachte die Samen darum in ein Glas, welches mit einem zweimal durchbohrten Korke versehen war. Durch jede der Bohrungen ging ein Glasrohr; das eine war mit einem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden und führte Wasserstoff zu, der zur Entkohlensäurung durch Barytwasser gestrichen war; das andere war kurz über dem Korke gebogen und führte in ein leeres Glas, aus welchem das Gas durch Glas- und Schlauchverbindung in die vorgelegte Barytröhre B gelangen konnte. Wurde das Glas mit den Samen nun in ein Wasserbad gestellt, das Wasser zum Sieden gebracht, und Wasserstoff durchgeleitet, so entwich mit diesem Kohlensäure und Wasserdampf. Es wurde die Erwärmung so lange fortgesetzt, und so lange Wasserstoff durchgeleitet, bis in etwas Barytwasser, das zur Probe statt des sich in der Röhre B befindenden vorgelegt wurde, kein Niederschlag mehr entstand. Das überdestillirende Wasser sammelte sich in dem Glase vor der Barytröhre an. Die producirte Kohlensäure ist also immer in den Angaben über Röhre B enthalten. Es wurden die Samen nun aus dem Glase genommen, in ein anderes gewogenes gethan, und das erste mit wenig Wasser nachgespült. Die Menge Flüssigkeit und auch die geringe Menge, welche durch Verdunstung des Quellwassers und des Wassers, in dem die Bimsteinplatte lag, gewonnen war, wurde zu den Samen gethan, die Masse auf dem Wasserbade eingedunstet und bei 105° C. getrocknet. Wenn die Samen dadurch vom Wasser befreit waren, so wurden sie in einen Mörser gebracht, unter Bedeckung desselben fein zerrieben, wieder in das Glas gethan, getrocknet und schliesslich gewogen. Dann brachte ich die Masse in eine flache Schale, liess sie stehen, bis sie den lufttrocknen Zustand angenommen hatte und bewahrte sie in gut verschlossenen Gefässen zur Untersuchung

1) Saussure, Chemische Untersuchungen über die Vegetation. Deutsch von Voigt. 1805. S. 16.

auf. Auf diese Weise war es also möglich, die durch den Keimungsprocess producirte Kohlensäure zu bestimmen und weiter zu erfahren, wie gross die Verminderungen an Trockensubstanz seien, welche die Samen bei der Keimung im Dunkeln erlitten. Wegen des Mangels an Chlorophyll konnten die Pflanzen nicht assimiliren; der Sauerstoff der Luft wirkte auf sie ein; er verband sich mit Theilen der organischen Substanz; es entwichen die gebildeten Producte, und so musste eine Verminderung des absoluten Trockensubstanzgehaltes der ganzen Masse nothwendig eintreten.

Die Flüssigkeit, welche beim Trocknen der Samen in das Glas überdestillirt war, besass eine wenig gelbliche Färbung und einen angenehmen, aromatischen Geruch nach gebackenem Brode. Ich brachte sie in ein Kölbchen, erhitzte dies und liess die Dämpfe mit Watte in Berührung kommen, welche mit einer Lösung von Chromsäure getränkt war. Dieser Körper wird bei Gegenwart von Alkohol zu grünem Chromoxyd reducirt; indessen ein derartiger Process war nicht zu beobachten, so dass, wie bei dem Versuche von Schulze[1]) und Sachsse[2]), die Abwesenheit von Alkohol constatirt werden konnte.

Sachsse hat in seiner vortrefflichen Arbeit über den Keimungsprocess der Erbse schon darauf hingewiesen, dass in der Ausführung der Respirationsversuche gewisse unvermeidliche Fehlerquellen liegen; wir müssen diese, bevor wir zur Mittheilung der Resultate unserer Kohlensäurebestimmungen übergehen, zunächst kennen lernen, wie sie sich bei unserer Methode gestalten. Einmal sind Fehler zu berücksichtigen, durch deren Existenz die für die Kohlensäurequantität gefundenen Zahlen zu hoch, weiter solche, durch deren Vorhandensein diese Zahlen zu niedrig ausfallen. In ersterer Hinsicht haben wir hervorzuheben, dass die Luft in der Glocke zu Anfang des Versuches und weiter dann, wenn wir nach dem Quellen die Samen auf den Bimstein legten und die Glocke wieder darüber deckten, mit einer Kohlensäurequantität beladen ist, die von dem Volumen der Glocke und dem Gehalte der Luft an Kohlensäure abhängt.

Die Capacität der Glocke war zu 3,5 Ltr. ermittelt; der Gehalt der Luft an Kohlensäure wurde dadurch bestimmt, dass mehrere

1) Schulze, Journal für pract. Chm. Bd. 87. S. 140.

2) Sachsse, Keimung der Erbse. S. 9.

Versuche zu verschiedenen Zeiten angestellt wurden, bei denen in dem ersten Absorptionsrohre, das zur Entkohlensäuerung der atmosphärischen Luft diente, sich genau 200 C.C. Barytwasser befanden. Der Titer von je 30 C.C. desselben wurde zu Anfang des Versuchs und nach 24 Stunden bestimmt, und die Titerdifferenz mit $6^2/_3$ multiplicirt, um die Menge auf 200 C.C. zu berechnen. Die gefundene Zahl gab die Kohlensäuremenge für 38 Liter an, die durchgegangen waren; für 1 Liter war die Quantität dann leicht zu berechnen. In 38 Litern wurde so gefunden:

Versuch	1.	56,0.	In 1	Liter	1,5 Mlg.
„	2.	42,7.	„ 1	„	1,1 „
„	3.	60,0.	„ 1	„	1,6 „

Dies ergiebt ein Mittel von 1,4 Mlg. Kohlensäure im Liter, und auf den Inhalt der Glocke zu $3^1/_2$ Liter berechnet, 4,9 Mlg., in runden Zahlen 5,0 Mlg.[1]).

Was nun die Fehlerquellen anbetrifft, durch die das Resultat der Kohlensäurebestimmungen deprimirt wird, so ist zunächst daran zu erinnern, dass das Quellwasser und ferner auch das Wasser, in welchem die Bimsteinstücke lagen, eine gewisse Kohlensäurequantität absorbirte. Die Menge ist abhängig von der Temperatur, von der vorhandenen Wasserquantität, schliesslich aber auch noch von dem Gehalte der Luft in dem Apparate an Kohlensäure, da bei der Absorption eines Gases aus einem Gasgemenge der partiäre Druck des absorbirbaren Gases eine grosse Rolle spielt. Die Kohlensäure macht nur einen geringen Bruchtheil des Gasgemisches in der Glocke aus, und mehrfache Berechnungen haben mir gezeigt, dass die Quantität der vom Wasser absorbirten Kohlensäure nur einige Milligramme beträgt.

Schliesslich wird das Resultat der Kohlensäurebestimmungen noch dadurch deprimirt, dass beim Oeffnen der Glocke nach dem Quellen und zu Ende des Versuchs die Kohlensäurequantität verloren geht, welche sich gerade in derselben befindet. Wir berücksichtigen nur die letztere Menge, und ich habe sie unter Berücksichtigung der Gasmenge, die den Apparat in 24 Stunden durch-

1) Die neuen Untersuchungen von Schulze, Versuchsstationen Bd. XIV. S. 366, und die von Henneberg, ebendaselbst Bd. XVI. S. 70, haben ergeben, dass in 1 Ltr. der freien atmosphärischen Luft sich etwa 0,6 Mlg. CO_2 finden. Die Luft des Laboratoriums enthielt demnach $2^1/_3$ mal mehr.

strömt, der am Ende des Versuches in 24 Stunden producirten Kohlensäure und endlich des Volumens der Glocke durch mehrere Rechnungen im Mittel etwa zu 12 Mg. gefunden.

Ueberblicken wir diese Darlegungen über die Fehlerquellen unserer Methode, so erkennen wir, dass die Fehler, welche das schliessliche Resultat erhöhen würden, durch andere einen fast vollständigen Ausgleich finden, die auf das Endergebniss einen deprimirenden Einfluss ausüben. Die Compensation ist eine fast absolute, und wir können darum die Fehler mit gutem Gewissen ganz ausser Acht lassen, zumal da für uns zuletzt nicht die Kohlensäure, sondern der Kohlenstoff von Interesse ist, wodurch die Zahlen für die Fehler noch um $3^2/_3$ mal geringer werden.

Uebergehend zu der Mittheilung der Resultate der Kohlensäurebestimmungen, theilen wir nur noch mit, dass 4 verschiedenartige Versuchsformen zu berücksichtigen sind und zwar: 1) siebentägige Versuche bei niederer Temperatur; 2) zehntägige Versuche bei höherer Temperatur; 3) viertägige Versuche bei niederer Temperatur und endlich 4) viertägige Versuche bei höherer Temperatur.

Versuchsreihe 1.

Erste Versuchsform. 5,9353 Grm. Hanf = 5,3335 Trockensubstanz. Titer von 20 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × 5. Mg. CO_2.
49,4	45,0	4,4	22,0
49,4	38,6	10,8	54,0
49,4	35,9	13,5	67,5
49,4	35,4	14,0	70,0
49,4	35,4	14,0	70,0
49,4	27,4	22,0	110,0
49,4	27,8	21,6	108,0
49,4	45,4	4,0	20,0
			521,5 Mg. CO_2.
			142,2 Mg. C.

Es hinterblieben 5,1516 Grm. Trockensubstanz = 96,59 % der ursprünglichen Menge. 2,67 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff ausgetreten.

Versuchsreihe 2.

Erste Versuchsform. 5,8231 Grm. Hanf = 5,2326 Trockensubstanz.
Titer von 20 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × 5. Mg. CO_2.
50,0	46,0	4,0	20,0
50,0	43,2	6,8	34,0
50,0	38,3	11,7	58,5
50,0	38,8	11,2	56,0
50,0	37,5	12,5	62,5
50,0	30,9	19,1	95,5
50,0	25,1	24,9	124,5
50,0	44,7	5,3	26,5
			477,5 Mg. CO_2.
			130,2 Mg. C.

Es hinterblieben 5,0648 Grm. Trockensubstanz = 96,79 % der ursprünglichen Menge. 2,48 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff ausgetreten.

Versuchsreihe 3.

Erste Versuchsform. 5,6578 Grm. Hanf = 5,0841 Trockensubstanz.
Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × $3^1/_3$. Mg. CO_2.
88,0	82,0	6,0	20,0
88,0	71,8	16,2	54,0
88,0	71,5	16,5	55,0
88,0	71,0	17,0	56,7
87,0	64,1	22,9	76,5
87,0	58,5	28,5	95,0
87,0	54,8	32,2	107,3
87,0	83,0	4,0	13,3
			477,8 Mg. CO_2.
			130,3 Mg. C.

Es hinterblieben 4,9077 Grm. Trockensubstanz = 96,53 % der ursprünglichen Menge. 2,56 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Versuchsreihe 4.

Zweite Versuchsform. 5,9353 Grm. Hanf = 5,3335 Trockensubstanz.
Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × $3^1/_3$. Mg. CO^2.
87,0	77,8	9,2	30,7
87,0	70,8	16,2	54,0
87,0	69,4	17,6	58,7
87,0	67,8	19,2	64,0
87,0	54,3	32,7	109,0
87,0	59,7	27,3	91,0
86,7	43,5	43,2	144,0
86,7	43,8	42,9	143,0
86,7	44,8	41,9	139,7
86,7	45,0	41,7	139,0
86,7	84,5	2,2	7,3
			980,4 Mg. CO_2.
			267,4 Mg. C.

Die Trockensubstanzbestimmung ging leider verloren; 5,01 % der ursprünglichen Trockensubstanz sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Versuchsreihe 5.

Zweite Versuchsform. 5,9353 Grm. = 5,3335 Trockensubstanz.
Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × $3^1/_3$. Mg. CO_2.
88,0	79,0	9,0	30,0
88,0	71,0	17,0	56,7
88,0	71,2	16,8	56,0
88,0	70,1	17,9	59,7
88,0	59,5	28,5	95,0
88,0	49,3	38,7	129,0
88,0	45,2	42,8	142,7
88 0	44,1	43,9	146,3
88,0	47,6	40,4	134,6
88,0	46,3	41,7	139,0
88,0	86,0	2,0	6,7
			995,7 Mg. CO_2.
			271,6 Mg. C.

Es hinterblieben 5,0151 Grm. Trockensubstanz = 94,03 % der ursprünglichen Menge. 5,09 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Versuchsreihe 6.

Dritte Versuchsform. 5,7043 Grm. Raps = 5,1852 Trockensubstanz.

Temperaturbeobachtungen in ° C.

6 a. m.	9 a. m.	12 m.	5 p. m.	8 p. m.
		18,5	19,0	18,7
19,0	19,2	19,6	20,5	19,3
16,7	16,5	18,6	19,0	18,3
17,7	17,8	18,2	18,8	18,0
18,0	19,2	17,8		

Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz × $3^1/_3$. Mg. CO_2.
77,7	69,1	8,6	28,7
77,7	65,5	12,2	40,7
77,7	43,0	34,7	115,7
77,7	21,5	56,2	187,3
77,7	75,7	2,0	6,7
			379,1 Mg. CO_2.
			103,4 Mg. C.

Es hinterblieben 4,9380 Grm. Trockensubstanz = 95,23 % der ursprünglichen Menge. 1,99 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Versuchsreihe 7.

Vierte Versuchsform. 5,7043 Grm. Raps = 5,1852 Trockensubstanz.

Temperaturbeobachtungen in ° C.

6 a. m.	9 a. m.	12 m.	5 p. m.	8 p. m.
		20,0	19,5	19,3
21,0	23,1	22,1	21,9	21,8
21,4	22,6	23,2	24,0	22,5
22,2	22,6	23,8	25,6	22,8
20,5	21,7	21,9		

Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz $\times 3^1/_3$. Mg. CO_2.
77,7	69,0	8,7	29,0
77,7	59,9	17,8	59,3
77,7	11,6	66,1	120,3
77,7	3,8	73,9	246,3
77,7	35,2	42,5	141,7
			596,6 Mg. CO_2.
			162,7 Mg. C.

Es hinterblieben 4,8097 Grm. Trockensubstanz = 92,76 % der ursprünglichen Menge. 3,14 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Versuchsreihe 8.

Vierte Versuchsform. 4,7070 Grm. Mohn = 4,2989 Trockensubstanz.

Titer von 30 C.C. BaO.

vorher:	nachher:	Differenz:	Differenz $\times 3^1/_3$. Mg. CO_2.
80,8	65,8	15,0	50,0
80,8	64,0	16,8	56,0
80,8	57,1	23,7	79,0
80,8	45,1	35,7	119,0
80,8	78,6	2,2	7,3
			311,3 Mg. CO_2.
			84,9 Mg. C.

Es hinterblieben 4,0650 Grm. Trockensubstanz = 94,56 % der ursprünglichen Menge. 1,97 % der letzteren sind in Form von Kohlensäure als Kohlenstoff abgeschieden.

Stellen wir nun zunächst die procentischen Ergebnisse dieser Bestimmungen zusammen, so erhalten wir folgende Tabelle:

Versuchsreihe:	1. Abgeschiedener C.	2. Zurückgebliebene Trockensubstanz.	3. Anderweitig abgeschiedene Stoffe. 100 — (1 + 2).
1.	2,67	96,59	0,74
2.	2,48	96,79	0,73
3.	2,56	96,53	0,91
Mittel für die erste Keimungsperiode des Hanfes	2,57	96,64	0,79
4.	5,01	—	—
5.	5,09	94,03	0,88

Mittel für die zweite Keimungsperiode des Hanfes	5,05	94,03	0,92
6.	1,99	95,23	2,78
7.	3,14	92,76	4,10
8.	1,97	94,56	3,47

Es fällt sogleich bei der Betrachtung dieser Zahlen auf, dass die Zahlen in der dritten Columne bei den verschiedenen Samen so sehr differiren. Diese Zahlen geben den Verlust an, der ausser dem Kohlenstoff noch stattfindet. Wir wissen, dass er sich nur auf Sauerstoff, Wasserstoff und vielleicht auf Stickstoff beziehen kann; denn an Mineralstoffen konnte nichts verschwinden, und frühere Arbeiten haben gelehrt, dass beim Keimen weder Kohlenwasserstoffe noch schweflige Säure etc. austreten. Die Versuche zeigen, dass bei Versuchsreihe 1—5, welche die erste und zweite Keimungsperiode der Hanfsamen umfassen, die Verluste geringer sind, wohingegen bei der Keimung des Rapses und des Mohns ausser dem Kohlenstoff noch bedeutende Mengen anderer Stoffe abgeschieden werden. Wir können diese Verhältnisse jetzt noch nicht genauer in's Auge fassen, kommen aber später ausführlicher darauf zurück.

Sehr auffallend ist der Einfluss, den höhere Temperatur auf die Kohlensäureentwickelung ausübte. Vergleicht man z. B. die Zahlen für die gebildete Kohlensäuremenge der ersten Versuchsreihe mit denen der vierten und fünften bis zum siebenten Tage, so tritt uns das Factum entgegen. Versuchsreihe 4 und 5 wurde bei höherer Temperatur ausgeführt, als die erste. Die benutzten Samenquantitäten waren gleich, und so wird die grössere Kohlensäureproduction durch die grössere Wärme bedingt sein. Sehr auffallend tritt uns diese Thatsache bei den Versuchsreihen 6 und 7 vor Augen. Die gleiche Menge Rapssamen verlor hier im zweiten Falle, wo die Temperatur um 3—4° C. höher war, 1,15 % Kohlenstoff mehr. Damit Hand in Hand ging ein bedeutend grösserer Verlust an Trockensubstanz; es wurde durch höhere Temperatur derselbe Effect als durch eine längere Versuchsdauer bei niederer Temperatur erzielt.

Was den Gang der Kohlensäureentwickelung anbetrifft, so nimmt im Allgemeinen die Menge der producirten Kohlensäure von Tag zu Tag zu. Beim Hanf scheint diese Zunahme bis zum siebenten Tage stattzufinden; dann tritt eine Entwickelung ein, die in je

24 Stunden eine ziemlich gleiche Quantität des Gases liefert. Wir kommen auch auf diesen Punkt später wieder zurück.

II.

Die elementare Zusammensetzung ölhaltiger Samen vor und nach der Keimung.

Das hier Mitzutheilende hat nicht nur den Zweck, unsere Vorstellungen über die in Frage stehenden Processe etwas zu erweitern, sondern wir haben in der Betrachtung der analytischen Feststellung der elementaren Zusammensetzung der Samen vor und nach dem Keimen auch ein ausgezeichnetes Mittel in der Hand, um die früheren Bestimmungen zu controliren. Wenden wir uns zunächst zu den Erörterungen über das Verhalten des Stickstoffes, um dann das des Wasserstoffes und Sauerstoffes kennen zu lernen, und um schliesslich die Controle für die erste Periode auszuführen.

Die Stickstoffbestimmungen wurden in der Weise ausgeführt, dass die Substanz mit Natronkalk verbrannt wurde. 30 C.C. Schwefelsäure dienten als Absorptionsflüssigkeit für das entweichende Ammoniak. Durch 10 Analysen, die schon früher durch Herrn Dr. Petersen und mich für das physiologische Institut ausgeführt waren, war ermittelt, dass je 30 C.C. der Schwefelsäure im Mittel 1,1789 Grm. $BaSO_4$ entsprachen, einer Menge, der 0,14168 Grm. N aequivalent sind. Unter Benutzung von Barytwasser und Lackmustinctur wurde die Ammoniakmenge dadurch ermittelt, dass der Titer von 30 C.C. SO_3 festgestellt wurde, und ein Gleiches nach der Stickstoffbestimmung geschah. Diese Zahlen dienten als Grundlagen der Rechnungen, durch welche der Stickstoffgehalt der Substanzen nun leicht zu ermitteln war.

Stickstoffgehalt in $^0/_0$ der Trockensubstanz.

	Hanf:	Hanf Pd. 1:	Hanf Pd. 2:	Raps:	Gekeimter Raps:
	4,01	3,92	4,17	4,26	4,44
	4,02	4,00	4,17	4,25	4,44
	4,00	—	—	—	—
Mittel:	4,01	3,96	4,17	4,26	4,44

Wenn man erkennen will, wie sich der Stickstoff verhielt, so muss man bedenken, dass 100 Theile von der Trockensubstanz der

gekeimten Samen mehr Stickstoff enthalten müssen, als 100 Theile der Samen, wenn kein Stickstoff verloren gegangen wäre. Von der Trockensubstanz der Periode 1 beim Hanf müssen 96,91 Theile [1]), von der der Periode 2. 94,03 Theile, von derjenigen des bei höherer Temperatur gekeimten Rapses 92,76 Theile so viel Stickstoff enthalten, als 100 Theile der Samen, wieder unter der Voraussetzung, dass nichts verloren gegangen wäre, denn 100 Theile der letzteren werden beim Keimen auf jene Quantitäten Trockensubstanz reducirt. Wir müssen also die Mengen Stickstoff berechnen, die 96,91, 94,03 % Trockensubstanz etc. entsprechen, und diese Zahlen lassen sich dann mit dem procentischen Stickstoffgehalte der ruhenden Samen vergleichen.

100	Theile	Hanfsamen	enthalten	4,01 %	N.		
96,91	„	von Periode 1	„	3,84 „	„	Verlust	0,17 N.
94,03	„	„ „ 2	„	3,92 „	„	„	0,09 „
100	„	Rapssamen	„	4,26 „	„		
92,76	„	gekeimter Rapssamen	„	4,12 „	„	„	0,14 „

Die Resultate scheinen entschieden dafür zu sprechen, dass die Samen beim Keimen keinen Verlust an Stickstoff erfuhren, indem die Differenzen so gering sind, dass sie völlig in die Fehlergrenzen fallen. Die Controversen, welche noch über die Frage existiren, können nur dadurch ausgeglichen werden, dass man Untersuchungen anstellt, welche direct ergeben, ob Ammoniak oder Stickstoff beim Keimungsprocesse ausgegeben wird, oder ob dies nicht der Fall ist. Mir scheinen die Verluste unserer Versuche noch besonders darum als aus Fehlerquellen hervorgegangen zu sein, da der Stickstoffverlust bei der zweiten Hanfperiode geringer als während der ersten ist, während er sich doch, wenn in der That Stickstoff ausgeschieden wäre, vergrössert haben müsste.

Zur Aschenbestimmung wurde eine gepulverte Samenquantität möglichst vorsichtig und langsam in einer Platinschale eingeäschert, und als dies ziemlich der Fall war mit Wasser ausgekocht. Das Unlösliche wurde abfiltrirt, die Lösung eingedunstet, und nun die abfiltrirte Quantität, nachdem sie stark geglüht war, hinzugethan, um schliesslich alles gelinde zu erwärmen. Die so gewonnene ziemlich reine Asche machte 4,50 % der Trockensubstanz aus. Da bei

1) Diese Zahl für die zurückbleibende Trockensubstanzmenge ist das Mittel aus der directen Bestimmung und der später zu erwähnenden Berechnung.

der Keimung nichts von den Mineralstoffen verloren gehen konnte, so war der Aschengehalt des Productes der ersten Keimungsperiode zu berechnen, und ergab sich, unter Berücksichtigung des bei der Keimung stattfindenden Trockensubstanzverlustes, zu 4,66 %.

Was nun die Kohlenstoff- und Wasserstoffbestimmungen anbetrifft, so sind zunächst einige Worte über die zu ihrer Ausführung benutzte Methode zu sagen. Da die Samen und Keimproducte Chlor und Schwefel enthalten, so musste chromsaures Bleioxyd zur Anwendung kommen und wegen des Stickstoffgehaltes war es nöthig, Kupferdrehspäne vorzulegen. Zunächst wurde das Verbrennungsrohr am Ende, wo sich die ausgezogene Spitze befand, mit einem Asbestpfropfen versehen; dann folgte chromsaures Bleioxyd, dann solches, welches vorher im Mörser mit der abgewogenen lufttrockenen Substanz gemischt war, dann wieder reines chromsaures Bleioxyd, darauf Asbest, endlich Kupferoxyd in Körnern und metallisches Kupfer. Wenn keine Kohlensäure beim Glühen mehr entwich, so wurde Sauerstoff übergeleitet, und dieser wurde dann schliesslich aus der Röhre und dem vorgelegten Absorptionsapparate durch atmosphärische Luft verdrängt.

Auf diesem Wege wurden in der Trockensubstanz der Hanfsamen gefunden:

C. 57,66 %	H. 9,13 %
„ 57,01 „	„ 9,17 „
„ 57,17 „	„ 9,44 „
„ 57,23 „	„ 9,14 „
Mittel 57,27 % C.	Mittel 9,22 % H.

Die Keimungsproducte der ersten Periode lieferten dagegen in der Trockensubstanz:

C. 56,34 %	H. 8,54 %
„ 56,30 „	„ 8,59 „
„ 56,24 „	„ 8,65 „
Mittel 56,29 % C.	Mittel 8,59 % H.

Diese Unterlagen und die Stickstoff- wie Aschenbestimmungen führen zu folgender Tabelle über die procentische Zusammensetzung des ruhenden Hanfsamens und des Productes der ersten Keimungsperiode. Wir müssen indessen noch bemerken, dass die Zahlen für den Wasserstoff einer Correction bedürfen, indem sie den Wasserstoff der Wassermenge in sich einschliessen, die bei der Gewinnung der

Trockensubstanz entweicht. Die Samen enthalten aber 10,14 %, die Producte der ersten Keimungsperiode dagegen 5,14 % Wasser, und so ergiebt sich der Wasserstoffgehalt zu 8,29, respective 8,10 %.

	100 Theile Samen enthalten:	100 Theile Keimlinge enthalten:
C	57,27 %	56,29 %
H	8,29 „	8,10 „
N	4,01 „	3,96 „
O	25,93 „	26,99 „
Asche	4,50 „	4,66 „
	100,00	100,00

Was nun die Controle anbelangt, so bezieht sich diese zunächst auf die früher angegebene Trockensubstanzmenge, die 100 Theile der Samen beim Keimen verloren. Man ist nämlich im Stande, diese zu berechnen und zwar unter Berücksichtigung der elementaranalytisch gefundenen Kohlenstoffmenge in 100 Theilen der Samen und der Keimungsproducte, sowie unter Berücksichtigung der Angaben, die früher über den Kohlenstoffverlust bei den Respirationsversuchen gemacht wurden. Demzufolge erhalten wir nun folgenden Ansatz: $56,29 : 100 = (57,27 - 2,57) : x$. x ergiebt sich bei der Berechnung $= 97,18$. Wir fanden früher, dass 100 Theile Samen 96,64 Theile Trockensubstanz nach dem Keimen gaben; die Uebereinstimmung ist also in Anbetracht der vielen Einzelbestimmungen als genügend zu bezeichnen. Als Mittel erhalten wir 96,91 %. Es verloren demnach 100 Theile Samen bis zum Schlusse der ersten Periode 3,09 Theile. Wenn man nun unter Zugrundelegung dieser Resultate den Kohlenstoffverlust, der beim Keimen eintrat, aus der Elementaranalyse in analoger Weise berechnet, wie dies beim Stickstoff geschehen ist, so findet man, dass 100 Theile 2,72 Theile C. abgaben; die Respirationsversuche ergaben den Verlust = 2,57. Diese Uebereinstimmung ist demnach sehr gut, und im Mittel erhalten wir als Kohlenstoffverlust 2,65 % [1]). Wenn wir für den Wasserstoff und Sauerstoff die entsprechenden Rechnungen nun schliesslich auch noch anstellen, so erhalten wir folgende Resultate:

1) Die Thatsache, dass die beiden Untersuchungsmethoden bezüglich der Grösse des Kohlenstoffverlustes fast gleiche Resultate ergeben haben, beweist, dass sämmtlicher Kohlenstoff, der während der ersten Keimungsperiode des Hanfes aus organischer Verbindung ausgetreten ist, den Samen lediglich in Form von Kohlensäure verlassen hat.

Verluste oder Zunahmen, welche 100 Theile Hanfsamen an den elementaren Stoffen während der

ersten Keimungsperiode erleiden:

C	= 2,65 %	—
H	= 0,44 „	—
N	= 0,17 „	—
O	= 0,23 „	+
Asche	= ————	

Die Verluste betragen also 3,26 %, der Gewinn 0,23 %, der reine Verlust ist also = 3,03 %. Wir fanden nach den Respirationsversuchen und der vorhergehenden Rechnung 3,04 %.

Die auffallendste Thatsache, die uns bei der Betrachtung der vorliegenden Tabelle entgegentritt, ist entschieden die, dass eine Zunahme an Sauerstoff während des Keimens stattgefunden hat. Es wird uns erst dann möglich sein, diesen Punkt genauer ins Auge zu fassen, wenn wir die Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme mitgetheilt haben werden; hier sei nur hervorgehoben, dass sich der vorliegende Same dadurch sehr wesentlich von stärkehaltigen Samen unterscheidet, dass er, und es ist wahrscheinlich, dass sämmtliche ölhaltige Samen sich derartig verhalten, Sauerstoff aufnimmt, während die Samen, welche reich an Stärke sind, Sauerstoff abgeben, Boussingault[1]) fand z. B. bei Keimungsversuchen mit Erbsen, Weizen und Bohnen, dass eine ähnliche oder grössere Quantität Sauerstoff abgegeben wurde, als die Samen Kohlenstoff in Form von Kohlensäure bei der Keimung verloren, und Sachsse[2]) beobachtete, dass Erbsen während der ersten 114 Stunden bei 1,61 % Kohlenstoffverlust 1,71 % Sauerstoff abgaben.

Weiter möchten wir hier noch auf das Verhältniss aufmerksam machen, in welchem der abgeschiedene Kohlenstoff zum ausgeschiedenen Wasserstoff steht. Dividiren wir 2,65 durch 0,44, so resultirt 6,02; auf je ein Theil Wasserstoff verlieren also 100 Theile Hanfsamen beim Keimen fast genau 6 Theile Kohlenstoff[3]).

1) Boussingault, Journal f. prakt. Ch. Bd. 93. S. 1.

2) Sachsse, Keimung von Pisum. S. 30.

3) König, Versuchsstationen Bd. XIII. S. 246, fand die Zusammensetzung des Hanffettes = 76,0 % C, 11,30 % H und 12,70 % O. Die Wasserstoffmenge verhält sich hier zur Kohlenstoffmenge = 1 : 6,7, also annähernd so, wie die in den Versuchen abgeschiedenen Wasserstoff- zur ausgetretenen Kohlenstoffquantität. Dies berechtigt vielleicht zu dem Schlusse, dass es mindestens in erster Linie das Fett war, welches sich während der ersten Keimungsperiode des Hanfes zersetzte.

III.

Die Sauerstoffaufnahme bei der Keimung ölhaltiger Samen.

Lässt man Samen in einem Raume keimen, der auf irgend eine Weise durch Quecksilber oder Wasser abgesperrt ist, so kann das Volumen der Luft unter Umständen vielleicht sich völlig gleich bleiben, trotzdem wesentliche Veränderungen bezüglich der chemischen Natur desselben vor sich gehen. Der Sauerstoff wirkt oxydirend auf die organischen Stoffe ein, indessen da das Volumen der entstehenden Kohlensäure gleich demjenigen des Sauerstoffs ist, der zur Bildung jenes Gases diente, so äussert sich der Vorgang nicht augenscheinlich in der Vergrösserung des Volumens. Andererseits ist es aber auch möglich, dass sich das Volumen vermindert oder vergrössert. In jenem Falle müsste man schliessen, dass Sauerstoff in die organische Substanz des Samens eingetreten sei; in diesem dagegen, dass ein Theil des im Samen chemisch gebundenen Sauerstoffes als solcher oder mit Kohlenstoff vereint als Kohlensäure ausgetreten wäre. Es leuchtet indessen ein, dass solche einfache Methode, wie sie oben angedeutet wurde, mit grossen Ungenauigkeiten verbunden ist, indem die Kohlensäure je nach der Temperatur von dem zum Keimen nöthigen Wasser in verschieden hohem Grade absorbirt wird, und darum mussten die Untersuchungen in anderer Weise angestellt werden.

Mein Apparat bestand zunächst aus einem Glase von gegen 300 C.C. Inhalt. Dieses konnte mit einem durchbohrten Kautschukkorke verschlossen werden, in welchem der eine Schenkel eines im spitzen Winkel gebogenen Glasrohres so eingeschoben war, dass die Oeffnung des Rohres mit der unteren Fläche des Korkes in einer Ebene lag. Ueber den zweiten Schenkel des Glasrohres war ein Kautschukschlauch gezogen, und dieser an dem anderen Ende mit der Spitze einer Bürette in Verbindung gebracht, deren unteres Ende in Wasser tauchte, das sich in einem grossen Standgefässe befand. In das Glas wurden 40 Grm. geglühten Seesandes gebracht, dieser mit 10 C.C. Wasser angefeuchtet, und darauf die Samen gelegt. Ausserdem wurde noch ein kleines Gläschen mit 8 C.C. sehr concentrirter Kalilauge in das grössere Glas gestellt, und zwar war jenes an einem versilberten Kupferdrahte befestigt, um es hineinzusenken und heraus-

zuheben. Wenn nun der ganze Apparat geschlossen war, und die Samen anfingen zu keimen, was auch hier im Dunkel geschah, so wurde die gebildete Kohlensäure von der Kalilauge absorbirt, und das Wasser stieg in der Bürette empor. Indessen das Quantum des emporgestiegenen Wassers hätte nicht genau auf die verbrauchte Sauerstoffmenge schliessen lassen, da sich noch Luft im Apparat befand. Diese dehnt sich bei höherer Temperatur aus und deprimirt so den Wasserstand in der Bürette; bei niederer Temperatur zieht sie sich dagegen zusammen und erhöht ihn demzufolge. Es war darum nöthig, das Luftvolumen zu kennen, und wenn man es dann nach bestimmter Zeit mit demjenigen verglich, welches nach dem Verbrauche einer gewissen Sauerstoffmenge zurückblieb, so konnte man aus der Differenz den Sauerstoffverbrauch bestimmen. Um das Volumen zu ermitteln, wurde das Glas mit dem Korke, der immer bis zu gleicher Tiefe eingesenkt wurde, und mit der Glasröhre mittelst Wassers ausgemessen. Ein Gleiches geschah mit dem Schlauch und dem oberen, nicht eingetheilten Theile der Bürette. Der andere Theil der letzteren war dem Inhalte nach bekannt und musste so weit berücksichtigt werden, als unten durch das Einstellen der Wasserspiegel hinauf reichte. Von dem Volumen musste aber noch dasjenige des Sandes, der 10 C.C. Wasser, des Glases mit dem Silberdrahte, der Kalilauge und endlich das der Samen abgezogen werden. Die folgende Tabelle enthält die der Berechnung zu Grunde gelegten Volumenbeobachtungen. Das Volumen der Samen wurde durch Hineinbringen derselben in Aether beobachtet.

Volumen des Glases, des Korkes und der Röhre	303,5	C.C.
„ „ Schlauches und des oberen Bürettentheiles	11,0	„
„ von 40 Grm. Sand	14,3	„
„ „ 10 C.C. Wasser	10,0	„
„ des Glases am Draht	2,5	„
„ 8 C.C. Kalilauge	8,0	„
„ 2,702 Grm. Hanfsamen	2,9	„
„ 2,884 Grm. Rapssamen	3,1	„

Nach je 24 oder 48 Stunden wurde abgelesen, und dabei das Wasserniveau in der Bürette mit dem äusseren in gleiche Höhe gebracht, um die Druckdifferenzen zu heben. Dann wurde auch neue Kalilauge eingefüllt, und der Apparat wieder schnell verschlossen. Beim Beginn des Versuchs stieg das Wasser sofort etwas, die Kohlen-

säure in der Luft des Apparates bewirkte dies, indem sie absorbirt wurde. 0,5 C.C. betrug das Steigen, und so war diese Menge mit zu berücksichtigen. Schliesslich machen wir noch darauf aufmerksam, dass das gefundene Gasvolumen unter Berücksichtigung des Barometerstandes, der Temperatur und der Tension des Wasserdampfes reducirt wurde, um dann das Gewicht zu ermitteln. Diese Berechnungen geschahen mit Hülfe der bekannten Formel:

$$\text{Gewicht} = \frac{V.(b - w)}{760.(1 + 0{,}00367t)} \times 0{,}001430$$

Zu den nun mitzutheilenden Angaben sei noch Folgendes bemerkt. Columne 1 enthält die Angaben über die Einstellung der Bürette in C.C.; 2. den Barometerstand in m.m.; 3. die Temperatur in °C.; 4. die Tension des Wasserdampfes in m.m.; 5. den Stand des Wassers in der Bürette nach bestimmter Zeit des Keimens in C.C.; 6. das Luftvolumen vor Anfang des ganzen Versuches und jeder Periode desselben in C.C.; 7. das Luftvolumen nach den Perioden des ganzen Versuches in C.C.; 8. Volumen von 6 auf 0° C. und 760 Barometerstand reducirt; 9. Gleiches mit dem Volumen von 7 vorgenommen; 10. Differenz zwischen 8 und 9 = absorbirter Sauerstoffmenge in C.C.; 11. diese Quantität in Grm. ausgedrückt. Es sei noch hervorgehoben, dass ich die Berechnung der Luftvolumina hier nicht weiter ausführe, sondern nur die Resultate der Rechnung gebe, es sind bei deren Ausführung alle die vorhin angegebenen Punkte berücksichtigt.

Versuchsreihe 1.

1,0752 Grm. Raps = 0,977 Grm. Trockensubstanz.

	Anfang	N. 48 Stund.	N. 24 Stund.	N. 24 Stund.
1.	3,2	3,8	1,4	—
2.	755	753	750	752
3.	25,8	23,0	25,8	22,1
4.	24,697	20,888	24,697	19,780
5.	—	41,8	57,0	70,0
6.	374,8	374,2	376,6	—
7.	—	333,0	317,2	306,6
8.	356,8	357,5	356,0	—
9.	—	318,1	299,9	296,2
10.	—	38,7	57,6	59,8
11.	—	0,0553	0,0824	0,0855

Addirt man nun die Sauerstoffmengen zusammen, die verbraucht wurden, so giebt dies 0,2232 Grm. = 22,74 % der Trockensubstanz der Samen.

Versuchsreihe 2.

1,1643 Grm. Hanf = 1,0462 Trockensubstanz.

	Anfang	N. 72 St.	N. 48 St.	N. 72 St.	N. 48 St.
1.	3,0	3,0	3,0	3,0	—
2.	751	758	752	757	754
3.	25,8	23,2	25,0	25,0	25,8
4.	24,697	21,144	23,550	28,550	23,976
5.	—	47,0	28,3	71,4	51,5
6.	374,9	374,9	374,9	374,9	—
7.	—	327,9	346,6	303,5	323,4
8.	354,9	360,4	356,1	358,5	—
9.	—	315,0	329,2	287,5	307,7
10.	—	39,9	31,2	68,6	50,8
11.	—	0,0531	0,446	0,0981	0,0726

Addirt man die verbrauchten Sauerstoffmengen zusammen, so ergiebt dies 0,2684 Grm. = 25,65 % der Trockensubstanz der Samen.

Versuchsreihe 3.

1,2000 Grm. Hanf = 1,0783 Trockensubstanz.

	Anfang	120 Stnd.	48 Stnd.
1.	3,0	3,0	—
2.	754	751	755
3.	19,0	18,0	16,0
4.	16,345	15,351	13,519
5.	—	68,4	42,0
6.	375,3	375,3	—
7.	—	306,9	333,3
8.	361,7	362,2	—
9.	—	295,1	323,3
10.	—	66,6	38,9
11.	—	0,0952	0,0556

Addirt man die verbrauchte Sauerstoffmenge zusammen, so ergiebt dies 0,1508 Grm. = 13,98 % der Trockensubstanz der Samen.

Betrachten wir diese Zahlen, so zeigen sie uns deutlich, dass die ölhaltigen Samen grosse Quantitäten Sauerstoffs bei der Keimung aufnehmen. Verhältnissmässig zu der Menge des bei der Keimung

verlornen Kohlenstoffes, nimmt der Raps am meisten Sauerstoff auf; wir sahen in der That auch schon früher, dass die Menge der ausser dem Kohlenstoff bei der Keimung dieses Samens abgeschiedenen Stoffe recht gross ist, und da vorwiegend der zu seiner Oxydation viel Sauerstoff gebrauchende Wasserstoff sich in dieser Quantität finden muss, so wird die Thatsache erklärlich. Die dritte Versuchsreihe, welche uns die Sauerstoffaufnahme während der ersten Periode der Keimung des Hanfes kennen lehrt, zeigt uns, dass 13,98 % der Trockensubstanz des Samens an Sauerstoff verbraucht wurde, um Kohlensäure und Wasser zu bilden. Nach den früheren Angaben beträgt der Kohlenstoffverlust 2,65 %, der Wasserstoffverlust 0,44 %. Wenn man die Sauerstoffmenge berechnet, welche diese Quantitäten zur Oxydation bedürfen, so findet man sie = 10,59 %; hierzu kommt aber noch die geringe Menge, die bei der Keimung gebunden wurde. Theoretisch müsste nun eigentlich die Quantität, die zur Oxydation diente, mit derjenigen zusammen, die chemisch gebunden wurde, gleich der Sauerstoffmenge sein, die factisch nach den Versuchsresultaten aufgenommen wurde. Wenn sich hier eine Differenz herausstellt, in dem Sinne nämlich, dass nach dem directen Versuche 3 % Sauerstoff mehr aufgenommen wurden, als die Rechnung verlangt, so müssen wir bedenken, dass wir es hier mit den Resultaten zweier, nach ganz verschiedenen Methoden angestellten Versuchen zu thun haben, und dass z. B. schon eine geringe Mehrausscheidung von Wasserstoff eine beträchtlich grössere Sauerstoffaufnahme verlangt. Auf alle Fälle sehen wir aus diesen Untersuchungen, in Uebereinstimmung mit den früheren Resultaten, dass bei der Keimung der ölhaltigen Samen, Sauerstoff in chemische Verbindung mit der organischen Substanz der Keimungsproducte zu treten scheint, und müssen wir hierin einen wesentlichen Unterschied zwischen der Keimung ölhaltiger und stärkehaltiger Samen erblicken, da die letzteren bei der Keimung Sauerstoff verlieren. Wir kommen später noch auf die Sauerstoffaufnahme zurück [1]).

---

1) Der starke Sauerstoffverbrauch bei der Keimung ölhaltiger Samen hat, verbunden mit dem Umstande, dass viele der Samen sehr klein sind, wohl zu der praktischen Regel geführt, dieselben nach der Aussaat, besonders in bündigem Boden, nicht tief unterzubringen.

IV.

Die Beschaffenheit der Samen als solcher und der Reservenahrungsstoffe vor der Keimung ölhaltiger Samen, sowie die Veränderungen, welche jene und diese durch den Keimungsprocess erleiden.

Was die Methode der chemischen Analyse der ruhenden Samen und der Keimungsproducte anbetrifft, so ist darüber wenig zu sagen, da sie im Allgemeinen nicht von dem üblichen Gange abwich; doch auf einige Punkte muss hier aufmerksam gemacht werden, die das Resultat in bedeutsamer Weise beeinflussen.

Die völlig wasserfreie Substanz wurde zunächst mit Aether extrahirt. Es geschah dies in der Weise, dass die gewogene lufttrockene Substanz unter Zusatz von Sand möglichst fein zerrieben wurde, um sie dann in einen Tiegel zu bringen, in welchem sie im Luftbade bei 105 ° C. völlig vom Wasser befreit wurde. Der Sand ist sehr wichtig, wenigstens für die Fettbestimmungen im Samen, denn letztere lassen sich schlecht zerkleinern, und bei ihrem grossen Fettgehalte wird dem Aether, da der Sand das Fett annimmt, eine grössere Oberfläche dargeboten, so dass die Operation nachher schneller und sicherer verläuft. Die Keimungsproducte lassen sich sehr gut pulvern, und blieb hier der Sand darum auch mehrfach fort. In allen Fällen wurde der Mörser mit etwas Aether nachgespült, um an den Wandungen haftendes Fett zu lösen. Diese Lösung wurde mit in den Tiegel gethan, und nach dem Verdunsten der geringen Flüssigkeitsmenge begann das Trocknen bei höherer Temperatur. Die wasserfreie Masse wurde dann in ein geräumiges Kölbchen gethan, dieses mit einem aufrechtstehenden Kühler verbunden, und nun, nachdem der Aether aufgegossen war, begann das Kochen durch Einstellen des Kolbens in warmes Wasser. Nach einiger Zeit wurde der Aether auf ein Filter gebracht, und der Rückstand wieder ausgekocht. Wenn sich Substanz auf dem Filter befand, so wurde diese mit zu dem Rückstande gethan. Die Samen sind zuweilen zwölfmal ausgekocht; endlich wurde der Aether der abfiltrirten Lösung des Fettes abdestillirt, und das Oel nun in einem kleinen Glase bei 105 ° C. getrocknet und gewogen.

Man setzt die Analyse gewöhnlich in der Weise fort, dass man, wie

Peters, Karsten[1]) etc. es thaten, den Rückstand nach der Behandlung mit Aether mit Alkohol auskocht, um den Zucker zu gewinnen, und dann durch Auskochen mit Wasser das Dextrin auszieht; jener wird direct mit der Fehling'schen Lösung bestimmt, dieses zuvor mittelst Schwefelsäure in Traubenzucker umgewandelt. Es sind aber zwei Momente, weshalb diese Methode zu verwerfen ist, selbst dann, wenn man übereinstimmende Resultate erhält, denn in diesem Falle hat man möglicherweise bei gleicher Behandlung Fehler verursacht, die in qualitativer und quantitativer Beziehung nahe übereinstimmen.

Kocht man nämlich, um zunächst den einen Punkt hier in's Auge zu fassen, stärkehaltige Stoffe, wie die gekeimten Samen solche sind, mit Wasser, so quillt die Stärke darin so stark auf, dass sie beim Filtriren mit durch's Filter geht. Benutzt man demnach die Methode des Auskochens der Substanzen, um das Dextrin zu gewinnen, so müssen diese Bestimmungen, da durch die nachfolgende Behandlung mit Schwefelsäure sowohl Dextrin als auch Stärke in Traubenzucker umgewandelt werden, zu hoch, die Stärkebestimmunmungen aber zu niedrig ausfallen. Darum war es rathsam, das Dextrin mit Hülfe von kaltem Wasser zu extrahiren, wobei ich mich überzeugte, dass keine Stärkeverluste stattfanden.

Andererseits müssen wir noch hervorheben, dass das Auskochen darum vielleicht oft Veranlassung zu ungenauen Resultaten bietet, weil Substanzen mit extrahirt werden können — wenigstens leichter und in erheblicherer Quantität, als bei der Behandlung mit einem kalten Lösungsmittel — welche auch reducirend auf die Fehling'sche Lösung einwirken können. Karsten z. B. fand in seinen Wasserextracten aus Schminkbohnen 3—5 % Stickstoff von der Trockensubstanz.

Demzufolge wurde die fettfreie Substanz mit 50 oder 100 C.C. destillirtem Wasser übergossen, und damit blieb sie unter häufigem Umschütteln 3 oder 4 Stunden in Berührung; dann folgte Filtration, neues Aufgiessen von Wasser, und so wurden diese Operationen 8—12 Mal wiederholt. Das Filtrat wurde auf 1000 C.C. aufgefüllt, und Theile desselben dienten nun zu den Zucker- und Dextrinbestimmungen. 100 oder 200 C.C. dienten zur Zuckerbestimmung nach Fehling'scher Methode. Behufs der Bestimmung des Dex-

---

1) Karsten, Versuchsstationen. Bd. XIII. S. 186.

trins versetzte ich 100 oder 200 C.C. des Auszuges mit wenigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure und kochte sie nun sechs Stunden über freiem Feuer oder in einem Papin'schen Topfe mit Sicherheitsventil, in welchem die Temperatur etwa auf 105—108° C. stieg; dann wurde die Flüssigkeit herausgenommen, und der Zucker bestimmt. Ich muss nun bemerken, dass ich weder in den Hanfsamen noch in den Keimungsproducten derselben Traubenzucker oder Dextrin nachweisen konnte; mehrfach sind die Analysen wiederholt, aber nie war es mir möglich, jene Stoffe aufzufinden.

Der weitere Verlauf der Analyse schloss sich der bekannten Methode ganz an. Je eine halbe Stunde wurde die Masse mit 200 C.C. sehr verdünnter Schwefelsäure und 200 C.C. Wasser gekocht, und das Filtrat auf 1000 C.C. gebracht. Von dieser Flüssigkeit dienten dann bestimmte Mengen zur Stärkebestimmung. Nach Zusatz von noch wenigen Tropfen Schwefelsäure wurde dieselbe unter Ersatz des verdunsteten Wassers 6—7 Stunden gekocht, um nun den gebildeten Zucker nach der bekannten Fehling'schen Methode zu bestimmen. Das gefällte Kupferoxydul wurde rasch abfiltrirt und durch Glühen unter Zusatz von wenig Salpetersäure in Oxyd verwandelt, das dann gewogen werden konnte.

Der Rückstand nach der Behandlung der Substanz mit Schwefelsäure wurde in bekannter Weise mit verdünnter Kalilauge und Wasser gekocht; die Masse auf ein bei 100° C. getrocknetes Filter gebracht, hier mit Alkohol und Aether ausgewaschen und nach dem Trocknen gewogen.

Die erhaltene Rohfaser enthielt nun noch Asche und Proteïnstoffe. Jene wurde durch Verbrennen eines Theils der Rohfaser bestimmt, diese dadurch ermittelt, dass Stickstoffbestimmungen ausgeführt wurden, um nun das Resultat, mit 6,25 multiplicirt, von der Rohfasermenge abzuziehen. Die aschenfreie und proteïnstofffreie Substanz ist dann als Cellulose aufgeführt.

Zur Ermittlung der Proteïnstoffquantitäten war es nur erforderlich, das Resultat der früher mitgetheilten Stickstoffbestimmungen mit 6,25 zu multipliciren.

Die Aschenbestimmungen sind schon früher mitgetheilt; der Gehalt der Keimungsproducte an Mineralstoffen ist aus dem der Samen berechnet worden.

Auf den folgenden Tabellen sind die Untersuchungsresultate

zusammengestellt. 100 Theile ungekeimter Hanfsamen enthalten in $^0/_0$:

					Mittel
Fett	32,40	33,04	32,46	32,71	32,65
Zucker	—	—	—	—	—
Dextrin	—	—	—	—	—
Stärke	—	—	—	—	—
Proteïnstoffe	25,00	25,06	25,13	—	25,06
Unbest. Stoffe	—	—	—	—	21,28
Cellulose	16,69	16,32	—	—	16,51
Asche	4,50	—	—	—	4,50
					100,00

100 Theile der Keimungsproducte von Periode 1 enthalten in $^0/_0$:

				Mittel
Fett	17,74	17,56	17,62	17,64
Zucker	—	—	—	—
Dextrin	—	—	—	—
Stärke	8,90	9,27	8,60	8,92
Proteïnstoffe	24,50	25,00	—	24,75
Unbest. Stoffe	—	—	—	26,96
Cellulose	17,30	16,84	—	17,07
Asche	—	—	—	4,66
				100,00

100 Theile der Keimungsproducte von Periode 2 enthalten in $^0/_0$:

				Mittel
Fett	16,04	16,29	—	16,17
Zucker	—	—	—	—
Dextrin	—	—	—	—
Stärke	5,25	4,76	4,62	4,88
Proteïnstoffe	26,06	26,06	—	26,06
Unbest. Stoffe	—	—	—	28,66
Cellulose	19,45	—	—	19,45
Asche	—	—	—	4,78
				100,00

Im Mittel enthalten 100 Theile

	Ruhend. Samen	Keimprd. 1	Keimprd. 2
Fett	32,65	17,64	16,17
Zucker	—	—	—
Dextrin	—	—	—
Stärke	—	8,92	4,88
Proteïnstoffe	25,06	24,75	26,06
Unbest. Stoffe	21,28	26,96	28,66
Cellulose	16,51	17,07	19,45
Asche	4,50	4,66	4,78
	100,00	100,00	100,00

Es kommt nun darauf an, zu zeigen, wie sich die Verluste an näheren organischen Bestandtheilen stellen, und darum berechnen wir in ähnlicher Weise wie früher die Quantitäten, welche in 96,91 Gewichtstheilen der Producte der ersten Periode, in 94,03 Gewichtstheilen der Producte der zweiten Periode enthalten sind, um durch Vergleich der Zahlen dann die absoluten Verluste zu bestimmen.

	1. 100 Gewth. ruhender Samen enthalten	2. Die nach Periode 1 bleibenden 96,91 Gewth. enthalten		3. Differenz v. 1—2	4. Die nach Periode 2 bleibenden 94,03 Gewth. enthalten		5. Differenz v. 2—4
Fett	32,65	17,09	—	15,56	15,20	—	1,89
Zucker	—	—		—	—		—
Dextrin	—	—		—	—		—
Stärke	—	8,64	+	8,64	4,59	—	4,05
Proteïnstoffe	25,06	23,99	—	1,07	24,50	+	0,51
Unbest. Stoffe	21,28	26,13	+	4,85	26,95	+	0,82
Cellulose	16,51	16,54	+	0,03	18,29	+	1,75
Asche	4,50	4,50		—	4,50		—
	100,00	96,89			94,03		

100 Theile der ruhenden Rapssamen enthielten:

Fett 42,36 % 42,51 % 42,47 % Mittel 42,45 %

100 Theile der bei niederer Temperatur gekeimten Rapssamen enthielten:

Fett 44,77 % 45,34 % Mittel 45,06 %

100 Theile bei höherer Temperatur gekeimter Rapssamen enthielten:

Fett 41,13 °/₀ 41,26 °/₀ Mittel 41,20 °/₀

Unter dem Einflusse niederer Temperatur hinterliessen 100 Theile Rapssamen nach der Keimung 95,23 Theile. Diese enthalten dann 42,91 Theile Fett.

Unter dem Einflusse höherer Temperatur hinterblieben 92,76 Theile. Diese enthielten 38,22 Theile Fett.

100 Theile ruhender Mohnsamen enthalten:

Fett 41,73 Theile

100 Theile der Keimungsproducte enthielten:

Fett 45,39 °/₀

100 Theile der Mohnsamen hinterliessen nach dem Keimen 94,56 Theile. Diese Quantität enthielt 42,92 Theile Fett.

Wenn wir nun die Metamorphosen ins Auge fassen, welche die näheren organischen Bestandtheile der ölhaltigen Samen durch den Keimungsprocess erleiden, so tritt uns beim Hanfsamen vor allem das Factum entgegen, dass das Fett des ruhenden Samens in grossen Quantitäten verschwindet. In der ersten Periode verschwindet mehr als die Hälfte des vorhandenen Fettes, in der zweiten Periode allerdings auch noch eine gewisse Menge, aber weit weniger als in der Zeit vorher. Dagegen finden wir, dass die Keimungsproducte der ersten Periode viel Stärke enthalten, und dass ausserdem eine Zunahme an den unbestimmten Stoffen stattgefunden hat. Zucker und Dextrin konnte nicht beobachtet werden, bei mikrochemischer Untersuchung erhielt ich allerdings einige Male einen geringen Anflug von Kupferoxydul, indessen, da so manche Stoffe die reducirende Wirkung äussern, so scheint mir durch die chemische Trennungsmethode die Frage, ob Zucker zugegen sei oder nicht, besser entscheidbar, als mittelst der mikrochemischen Reaction; ausserdem wies diese auch nur auf Spuren hin. Die Zahlen zeigen, dass 0,03 Grm. Cellulose gebildet waren. Die Menge ist so gering, dass sie völlig in die Grenzen der Versuchsfehler fällt, und wir somit annehmen dürfen, dass die Cellulosequantität sich gleich blieb oder eine geringe Vermehrung erlitt. Während der zweiten Periode nun, wo das Fett eine geringere Zersetzung erleidet, wird die vorher gebildete Stärke stark angegriffen, sie verschwindet, und dafür findet eine beträchtliche Vermehrung der Cellulose statt; ausserdem aber

werden die Producte auch reicher an unbestimmten Stoffen. Wenn die Proteïnstoffe eine Vermehrung zeigen, so rührt dies nur daher, dass bei den Untersuchungen, bei denen die Samen bis zum Ende der zweiten Periode keimten, weniger stickstoffhaltige Stoffe verschwanden als dann, wenn die Keimung nur bis zum Ende der ersten Periode fortgeführt wurde. Verglichen mit dem ruhenden Samen, hat auch während der zweiten Periode ein sehr geringer Stickstoffverlust stattgefunden; wir wiesen übrigens schon früher auf diese Ergebnisse hin.

Die Angaben zeigen uns somit, dass bei der Keimung des Hanfes zunächst die aus Fett bestehenden Reservenahrungsstoffe eine starke Zersetzung und Metamorphose erleiden. Die gebildete Stärke wird sich dann gerade so zersetzen, wie dies bei der Keimung stärkehaltiger Samen der Fall ist; ein Theil dient zur Production von Cellulose, während ein anderer sich in Kohlensäure und Wasser verwandelt. Es ist möglich, dass auch schon während der ersten Periode eine geringe Menge Stärke sich in dieser Weise zersetzt; bestimmt aber findet dies in beträchtlicher Weise während der zweiten Periode statt, wo die Stärkezersetzung die Stärkebildung weit überwiegt, und mit der Verlängerung der Radicula und des hypocotylen Gliedes auch eine energische Celluloseproduction Hand in Hand geht.

Höchst auffallend ist es dagegen, dass nach der Keimung des Rapses und Mohnes bei niederer Temperatur die Keimungsproducte mehr Fett enthalten als der ruhende Same. Die betreffenden Analysen stimmen sehr gut überein, und so scheint es mir in der That, als wenn Fettbildung stattfand. Möglicher Weise lieferten Proteïnstoffe das Material dazu, wie dies im Thierkörper eine allgemeine Erscheinung ist; der Kohlenstoff der ausgehauchten Kohlensäure müsste dann von anderen Stoffen geliefert sein, was weitere Arbeiten genauer zu untersuchen haben. Keimte der Raps bei höherer Temperatur, was ein ganz ähnliches Resultat herbeiführt, als wenn er längere Zeit bei niederer Temperatur den Keimungsbedingungen ausgesetzt gewesen wäre, so trat nun allerdings ein Verschwinden des Fettes auf; indessen auch hier sind die verschwundenen Fettquantitäten verglichen mit der ausgehauchten Kohlensäure lange nicht so gross, wie dies bei der Keimung des Hanfes der Fall ist, und es müssen andere Verbindungen sein, die eine Oxydation ausser

dem Fette erleiden. Wir sehen also, dass grosse Verschiedenheit zwischen den Vorgängen bei der Keimung der verschiedenen ölhaltigen Samen sich finden.

Wenden wir aber nun schliesslich noch dem Vorgange bei der Keimung des Hanfes unsere besondere Aufmerksamkeit zu. Wir bemerkten schon früher, dass die Uebereinstimmung in den Beziehungen zwischen dem Gehalte des Fettes an Kohlenstoff und Wasserstoff und dem Verhältnisse, in dem diese Elemente während der ersten Periode abgeschieden sind, vielleicht zu dem Schlusse berechtigen, dass es wesentlich das Fett war, welches sich in dieser Zeit zersetzte. Wir sahen dann auch in der That, dass sich vielleicht nur sehr wenig Stärke zersetzte, um Cellulose zu bilden, dagegen aber wird das Verhältniss in der zweiten Periode ein ganz anderes; hier wird wenig Fett, dagegen viel der gebildeten Stärke oxydirt. Wenn wir unsere Kohlensäurebestimmungen betrachten, so erkennen wir, dass die Menge des abgeschiedenen Gases während der ersten Periode täglich zunimmt; dagegen sind die Quantitäten, die in gleichen Zeiträumen später ausgehaucht werden, sich ziemlich gleich. Sachsse[1]) fand bei seinen Untersuchungen über die Keimung der Erbse, wo also besonders Stärke oxydirt wird, dass sich hier die täglich producirten Kohlensäuremengen ziemlich gleich bleiben, und dürften die soeben angeführten Thatsachen mit der Beobachtung im Einklang stehen, dass es während der zweiten Periode der Keimung des Hanfes besonders die Stärke ist, welche eine Zersetzung erleidet.

Die Zersetzung des Fettes selbst kann nun entweder in der Weise vor sich gehen, dass ein Theil desselben zur Production von Kohlensäure und Wasser dient, während ein anderer in neue Verbindungen übergeht, oder es kann auch eine Abspaltung der letzteren stattfinden, und der Rest liefert dann das Oxydationsmaterial. Auf jeden Fall treten Kohlenstoff und Wasserstoff annähernd in dem Verhältnisse aus, in dem sie sich im Fett finden. Die verschwundene Fettmenge enthält, nach der Berechnung unter Zugrundelegung der früheren Angaben über die Zusammensetzung des Hanffettes, 11,84 Theile Kohlenstoff, 1,76 Theile Wasserstoff und 1,98 Theile Sauerstoff. Ausgehaucht wurden 2,65 Theile C auf 100 Theile der Samen und 0,44 Theile H. Die 8,64 Theile gebildeter Stärke ent-

1) Sachsse, Keimung der Erbse. S. 11.

halten 3,84 C, 0,53 H und 4,27 Theile O. Stellen wir diese Zahlen in einer Tabelle kurz zusammen, so erhalten wir die folgenden Resultate:

Es stehen zur Disposition bei der Keimung von 100 Theilen der Hanfsamen:	Es werden verbraucht zur Bildung von CO_2, H_2O und Stärke:
C 11,84	6,49
H 1,76	0,97
O 1,98	14,86

5,35 Theile C und 0,79 Theile H, zusammen 6,14 Theile des Fettes sind also noch vorhanden, um in andere Verbindungen überzugehen. Da wir sahen, dass Sauerstoff bei der Keimung aufgenommen wird, und fanden, dass der Rückstand von 100 Th. der ruhenden Samen mehr des genannten Körpers enthielt als die Samen selbst, so werden auf alle Fälle die 1,98 Th. O, welche das Fett liefert, wieder ersetzt, oder sie betheiligen sich überhaupt nicht an der Kohlensäure und Wasserproduction und dienen dem Fette dann direct zur Bildung sauerstoffreicherer Stoffe, also der Stärke. Da nun die 8,64 Th. Stärke 4,27 Th. O verlangen, und nur 1,98 Th. O von Seiten des Fettes zur Disposition stehen, wozu sich dann noch die geringe aufgenommene Sauerstoffmenge gesellt, welche 0,23 Gr. beträgt, so müssen wir annehmen, dass den unbestimmten Stoffen Sauerstoff entzogen wurde. 2,21 Th. Sauerstoff sind zur Disposition, 4,27 Th. werden aber zur Stärkebildung verlangt, also müssen die unbestimmten Stoffe noch 2,06 Th. O liefern. Die Samen enthalten in 100 Th. 21,28 Th. jener. Von dieser Quantität 2,06 subtrahirt, giebt 19,22 Th., wozu sich dann die 6,14 Th. C + H hinzuaddiren, um eben die Zunahme der unbestimmten Stoffe während der Keimung herbeizuführen. Wenn diesen Körpern kein Sauerstoff entzogen würde, so wäre die Thatsache unerklärlich, dass 6,14 Th. C + H des Fettes noch zur Disposition ständen, während doch nur die Vermehrung der unbestimmten Stoffe 4,85 beträgt, so dagegen klärt sich auch dieser Vorgang auf. Die unbestimmten Stoffe müssen also während der ersten Keimungsperiode des Hanfes reicher an Kohlenstoff und Wasserstoff, ärmer an Sauerstoff werden. Wie sich die Vorgänge während der zweiten Periode gestalten, vermögen wir jetzt nicht zu erklären; nur im Allgemeinen wissen wir, dass hier besonders die

Stärke zerstört wird; da aber die Verhältnisse hier durch die gleichzeitige Fettzersetzung complicirter werden, so würden alle Betrachtungen vorläufig noch auf zu unsicherer Basis ruhen.

Auf einen Punkt möchte ich hier noch hinweisen, nämlich auf den, dass wir bei unseren Untersuchungen keine Zucker-, noch Dextrinbildung beobachten konnten. Es ist eine zu bekannte Thatsache, dass Stärke, Zucker etc. in der genauesten Beziehung bei der Zellhautbildung zueinander stehen, um hier genauer darauf einzugehen. Es scheint, als wenn Stärke sich in Zucker, dieser wieder in Stärke umwandeln könne, um schliesslich die Zellstoffbildung herbeizuführen. Wenn nun kein Dextrin und kein Zucker gebildet wird, so darf daraus doch nicht gefolgert werden, dass dann auch die Bildung des Zellstoffes unmöglich sei. Sachs[1]) weist darauf hin, dass in den, in starker Theilung begriffenen Zellen der Wurzel- und Stammspitzen des Cambiums etc. sich weder Zucker noch Stärke nachweisen lässt. Es ist möglich, wie Baeyer[2]) dies wahrscheinlich macht und Sachsse[3]) es weiter bestätigt, dass an diesen Orten die Stärke in Methylaldehyd COH_2 zerfällt, und dieser dann durch Condensation in Cellulose übergeht. Jener Körper kann aber auch leicht auf andere Weise nach Baeyer entstehen, nämlich dadurch, dass das Chlorophyll die Kohlensäure zu Kohlenoxyd reducirt und zwei Atome Wasserstoff hinzutreten. $CO_2 - O = CO + H_2 = COH_2$. Unter dem Einflusse von Alkalien soll der Methylaldhyd nach Baeyer in Zucker übergehen, und so mag er auch im Plasma derartige Umwandlungen erleiden, oder gerade eben in den ganz jugendlichen Regionen der Pflanze direct Zellstoff bilden. Indessen noch in anderer Weise ist die Zellbildung aus Stärke ohne die Gegenwart von Zucker oder Dextrin denkbar. Nach Fittig[4]) kann man die Constitutionsformel der Stärke vom Hexylwasserstoff, C_6H_{14}, derartig ableiten, dass man sie $C_6H_7\overset{O}{\underset{(HO)_3}{O}}$ schreibt. Diese Formel lässt sehr viele Isomerien zu, welche einmal in der verschiedenen Constitution des Hexylwasserstoffs ihren Grund haben können, andererseits

1) Sachs, Handbuch der Physg. S. 354.

2) Baeyer, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 1870. S. 68.

3) Sachsse, Keimung der Erbse.

4) Fittig, Ueber die Constitution der sg. Kohlenhydrate. 1871.

sich aber auch auf die verschiedene Gruppirung des Sauerstoffs und Hydroxyls zurückführen lassen. Die Cellulose enthält nun bekanntlich die gleiche Menge der Elemente wie die Stärke; sie ist letzterer also isomer. Es ist leicht begreiflich, dass weitere Isomere ausser Stärke, Cellulose und Dextrin, welches letzteres auch hierher gehört — das wir bei der Keimung aber ebenfalls nicht beobachten konnten — sich bilden können, und zwar solche, die löslich sind. In dem Falle ginge die Stärke in solche Stoffe über, die Translocation könnte stattfinden, und da das Product vielleicht durch die Metamorphose die characteristischen Reactionen der Stärke verloren hat, so ist es nicht mehr in den ganz jugendlichen Theilen der Pflanzen nachzuweisen. Es werden diese Betrachtungen dazu gedient haben, das Fehlen des Zuckers und Dextrins in den Keimungsproducten des Hanfes nicht für eine Erscheinung zu halten, die Widersprüche in sich einschliesst.

Physiologisch-chemische Untersuchungen über die Vegetation von Zea Mays.

Allgemeines.

Wenn wir die Entwickelung einer Pflanze betrachten, so sind es vielfältige physiologische Processe, die unsere Aufmerksamkeit fesseln. Von dem Momente an, wo der ruhende Same den Keimungsbedingungen ausgesetzt ist, wo also gleichzeitig eine gewisse Feuchtigkeits- und Wärmemenge auf ihn wirkt, ferner aber auch dem Sauerstoff der Luft freier Zutritt gestattet ist, beginnt das Auftreten jener Vorgänge. Während der ganzen Vegetationszeit schliesst sich ein physiologischer Process an den anderen an, wirken diese gegenseitig auf einander, und die jeweilige morphologische Entwicklung einer Pflanze ist die äusserlich in die Erscheinung tretende Wirkung jener still arbeitenden physikalischen und chemischen Kräfte, welche den unendlichen Reichthum der organischen Welt bedingen.

Scharf begrenzt ist der Keimungsprocess in seinem Anfange. Wenn der Same sich den drei genannten Bedingungen ausgesetzt befindet, dann tritt der Vorgang eben in sein erstes Stadium ein; alles geht nun darauf hinaus, den Embryo zur Entwickelung zu bringen. Als Material zur Ernährung fliesst dem letzteren zunächst lediglich von dem Vorrathe zu, der im Samen in Form von Reservenahrungsstoffen aufgespeichert ist. Wenn die Radicula dann aus dem Samen hervortritt, und wenn die oberirdischen Organe sich zeigen, so sind diese Theile der Pflanzen, vorausgesetzt natürlich, dass die entsprechenden äusseren Verhältnisse nicht fehlen, sehr bald befähigt, mit zur Ernährung des jugendlichen Organismus

beizutragen. Die Wurzeln entnehmen dem Boden gewisse Nährstoffe, die chlorophyllhaltigen Organe assimiliren Stoffe aus der Atmosphäre. Wenn diese Verhältnisse auftreten, so geht die Zersetzung und Metamorphose der Reservenahrungsstoffe ihren ruhigen Gang weiter, Assimilation und Ernährung der Pflanze durch Aufnahme der im Samen abgelagerten Stoffe gehen gleichzeitig vor sich; erst wenn keine Reservenahrungsstoffe mehr aufgenommen werden, ist die Assimilation es ausschliesslich, welche den Organismus erhält. Vom physiologischen Standpunkte aus müssen wir dann die Keimung als beendigt ansehen. Im ersten Stadium der Vegetation ist sie es allein, die sich uns darstellt, später gesellt sich der Assimilationsvorgang dazu, und schliesslich übernimmt dieser lediglich die Aufgabe der Ernährung [1]).

Die vorliegenden Untersuchungen haben nun einige physiologische Processe zum Gegenstande, die bei der Keimung und der Assimilation von Zea Mays auftreten. Keimung und Assimilation sind, wie wir soeben hervorhoben, Vorgänge der Vegetation, die nach und nebeneinander verlaufen. Man muss die Processe, weil sie sich uns in der That als Erscheinungen darstellen, die sehr verschieden von einander sind, stets scharf aus einanderhalten.

Vor Beginn der eigentlichen Untersuchungen waren es folgende Fragen, welche behufs einer Beantwortung genauere Berücksichtigung fanden:

1. Wie verhält sich die in verschiedenen Perioden im Dunkeln producirte Quantität an Blättern, Stengelgliedern und Wurzeln zu der im Licht erzeugten Menge dieser Organe?
2. Welche Unterschiede zeigen sich bezüglich der elementaren Zusammensetzung und rücksichtlich des Gehaltes an näheren organischen Verbindungen zwischen den unter dem Einflusse des Lichts und bei Abschluss desselben erzogenen Pflanzen, und welche Beziehungen zeigen sich in jedem Falle zwischen der elementaren Zusammensetzung und den näheren organischen Bestandtheilen?
3. Wie stellt sich der Asparagingehalt der im Licht und im Dunkeln erzogenen Producte?

1) Vergl. J. Sachs, Abhandlung über das Verhalten der Stärke, des Zuckers und der eiweisshaltigen Stoffe bei der Entwicklung der Maispflanze. Annl. der Landwirthsch. in d. Königl. preussischen Staaten. B. 39. S. 193.

In grossen Zügen war durch diese Fragestellung angedeutet, welchen Gang etwa die Untersuchung zu nehmen habe und auf welche Punkte dabei Rücksicht zu nehmen sei. Die detaillirte Darlegung der benutzten Methoden und der Resultate wird am besten gelingen, wenn wir folgende Punkte nach einander ins Auge fassen:

I. Die Quantitäten der erzeugten Pflanzensubstanz überhaupt.
II. Die elementare Zusammensetzung der Samen und Vegetationsproducte.
III. Die Entstehung und das Verhalten des Asparagins.
IV. Das Verhalten der übrigen näheren organischen Bestandtheile der Samen und der Vegetationsproducte und das der Mineralstoffe.

I.

Die Quantität der erzeugten Pflanzensubstanz überhaupt.

Zunächst sind es zwei Punkte, welche vom grössten Einflusse auf die gesammten Untersuchungen sein mussten. Einmal kam es darauf an, ein Maissamenmaterial zu finden, welches gute Keimfähigkeit besass und welches Pflanzen lieferte, die sich möglichst normal und gleichmässig entwickelten, ferner aber war wesentlich Sorge dafür zu tragen, dass die Bedingungen, unter denen sämmtliche Pflanzen wuchsen, gleicher Natur waren, selbstverständlich abgesehen davon, dass ein gewisser Theil bei Abschluss, ein anderer bei Zutritt des Lichtes erzogen wurde.

Mit Rücksicht auf den ersten Punkt wurden Vorversuche mit verschiedenen Maissorten angestellt. Dazu benutzte ich den kleinen gelben und den kleinen rothen Mais. Der letztere erwies sich als recht brauchbar, als aber die eigentlichen Untersuchungen mit diesem Materiale begonnen wurden, stellten sich doch eigenthümliche Schwierigkeiten ein, die mich zur Wahl einer neuen Maissorte veranlassten. Es war dies der grosse Pferdezahnmais, und es sind Samen dieser Varietät, die sich schliesslich als geeignetes Material erwiesen.

Es wurde eine grosse Quantität dieser Samen gekauft, nun aber nicht einfach von derselben ein gewisser Theil zur Untersuchung entnommen, vielmehr fand eine Auswahl der besten Individuen statt. Die Samen wurden Stück für Stück geprüft, alle klei-

nen und sämmtliche, welche irgend äusserliche Verletzungen zeigten, wurden verworfen, so dass also lediglich Material zur Anwendung kam, das sich dem äusseren Anscheine nach als völlig normal erwies.

Was die Ausführung der Untersuchungen anbetrifft, so wurden 9 Portionen der Samen abgewogen, weshalb diese Menge, werden wir später hervorheben, und nun jede derselben in ein geräumiges Glasgefäss gebracht, mit destillirtem Wasser übergossen und 24 Stunden zum Quellen hingestellt. Nach dieser Zeit gelangten die Maissamen in flache Schalen, so dass hier die Keimung ihren weiteren Fortgang nehmen konnte. Es war, damit dieser Process in normaler Weise vor sich ginge, und das Material nicht durch Fäulnissvorgänge, denen es doch leicht ausgesetzt ist, litte, sehr nothwendig, dass die Samen auf eine recht grosse Fläche ausgebreitet wurden. Ich habe daher mehr als 20, zum Theil sehr grosse Schalen benutzt; die Objecte lagen einzeln neben einander, sie berührten sich gegenseitig nicht. Destillirtes Wasser wurde soviel in die Schalen gebracht, dass die Samen etwa zur Hälfte davon bedeckt waren. Zunächst wurde das Wasser einen um den andern Tag, dann täglich erneuert. Es wurde einfach abgezogen, darauf in Gläsern gesammelt, dann wurden die Samen mit etwas Wasser gut abgespült, dies wieder abgegossen uud endlich neues Wasser in die Schalen gebracht. Die letzteren wurden bedeckt, um den Zutritt des Staubes zu verhüten. Nach 8 Tagen hatten die Pflanzen sich so weit entwickelt, dass mit einem bestimmten Theile die Untersuchungen weiter fortgesetzt werden konnten. Die Wurzeln hatten die Länge erreicht, welche für die Fortsetzung der Vegetationsversuche erforderlich war, die oberirdischen Organe wiesen gleichfalls eine beträchtliche Entwickelung auf, ein Blatt war aber in keinem Falle entfaltet.

Es kam nun darauf an, die Samen unter solche Verhältnisse zu bringen, dass das weitere Wachsthum in normaler Weise stattfinden konnte. Dabei war in erster Linie jener vorhin hervorgehobene Punkt zu berücksichtigen, wonach sämmtliche Pflanzen, abgesehen davon, dass ein Theil in der Finsterniss, ein anderer bei Lichtzutritt sich entwickeln sollte, unter sonst möglichst gleichartige Bedingungen gebracht werden mussten. Ich dachte zunächst daran, die Pflanzen der Dunkelreihen in einem durch Fensterladen

zu verdunkelnden Zimmer, die der Lichtreihen aber in einem anderen, daneben liegenden Raume zu cultiviren, zu dem das Tageslicht freien Eintritt hatte. Die Ueberlegung indessen, dass es seine Schwierigkeiten hat, absolute Finsterniss in einem grossen Raume herzustellen, die Erfahrung weiter, dass die Temperatur in einem dunkeln Zimmer oft beträchtlich niedriger als in einem anderen ist, zu dem die Licht- und Wärmestrahlen freien Zutritt haben, liess mich dies Vorhaben wieder verwerfen. Es erschien die Cultur sämmtlicher Pflanzen in einem Raume, der nur in den frühen Morgenstunden directes Sonnenlicht empfing, am zweckmässigsten. Die Pflanzen der Dunkelreihen wurden unter einer grossen Papphülle gezogen, die mit schwarzem Papier überklebt und an ihren unteren Rändern, wo sie den Tisch berührte, mit schwarzen Tüchern umlegt war, so dass kein Lichtstrahl zu den Untersuchungsobjecten gelangen konnte. Zunächst standen die Pflanzen der Lichtreihen unbedeckt neben denen unter der Papphülle. Jene aber kränkelten sehr bald, die Blätter wurden welk, sie kräuselten sich und vertrockneten, während diese frisch und schön gediehen. Den Grund für ein derartiges Verhalten konnte ich zunächst nicht auffinden. Mit aller Sorgfalt wurden die Arbeiten ganz aufs Neue begonnen, natürlich mussten nun auch die Pflanzen der Dunkelreihen noch einmal cultivirt werden. Es hatten die Bemühungen aber keinen Erfolg, und auch noch eine fernere Cultur misslang. Durch die Erscheinung des Vertrocknens der Pflanzen nach sehr kurzer Zeit kam ich auf den Gedanken, ob nicht etwa darin der schlechte Erfolg seinen Grund haben möchte, dass die Pflanzen der Lichtreihe unbedeckt standen, und so die Verdunstung derartig gross und energisch war, dass die jugendlichen Wurzeln nicht genügende Wasserquantitäten zur Deckung der Verluste beschaffen konnten. In der That scheint hierin der Fehler gelegen zu haben, als wenigstens die Pflanzen in einen Glaskasten gebracht wurden, blieben sie frisch und gesund. Der Glaskasten wurde dadurch hergestellt, dass ich auf einem Brette von 84 Cm. Länge und 84 Cm. Breite zunächst an allen 4 Ecken Holzsäulen errichten liess, die in zwei nebeneinander liegenden Flächen der ganzen Länge nach mit Kerben versehen waren. Die letzteren befanden sich derart angebracht, dass sie einzufügenden Papp- und Glasplatten Halt verleihen konnten. An zwei Seiten wurden erstere, an den beiden anderen aber letztere eingeschoben, und endlich der

ganze Apparat mit einer dicken Platte von Pappe überdeckt. Die Höhe des Kastens betrug 66 Cm. Neben dem angedeuteten Vortheile, dass die Pflanzen normal gediehen, wenn sie sich in dem Glaskasten entwickelten, führt die Benutzung desselben noch einen andern Vortheil mit sich, darin nämlich bestehend, dass der Wassergehalt der Luft, in welche die Maispflanzen ihre oberirdischen Organe erstreckten, nun für die Pflanzen der Dunkel- und für die der Lichtreihe ein nahezu gleichartiger war. Ich habe mich ebenfalls durch oft wiederholte Beobachtungen davon überzeugt, dass die Temperaturen in beiden Kästen zu gleichen Zeiten sehr wenig differirten; meistens waren keine Differenzen zu bemerken. Die Untersuchungen, welche endlich Resultate lieferten, begannen im Mai. Mehrere Portionen der Versuchsobjecte liess ich, aus Gründen, die alsbald angegeben werden sollen, nur 8 Tage vegetiren; sie kamen überhaupt nicht in die Kästen, wurden vielmehr von den flachen Schalen direct fortgenommen, um die Vegetation zu unterbrechen. 4 Portionen der Pflanzen vegetirten dagegen 20 Tage länger als jene, im Ganzen also 28 $\times$ 24 Stunden, 2 Portionen endlich liess ich 5 Wochen den Untersuchungsbedingungen ausgesetzt, um sie erst dann zu ernten. Nach 4 Wochen hatten die Pflanzen in jedem Falle viele Nebenwurzeln entwickelt und 3 Blätter producirt, nach 5 Wochen waren die Objecte noch sehr frisch, eine energische Entwickelung schien aber nicht weiter stattgefunden zu haben; sie hatten etwa das äussere Ansehen wie die Pflanzen, welche nach vierwöchentlicher Vegetation geerntet waren. Die Pflanzen der Dunkelreihen waren natürlich völlig frei von Chlorophyll, die der Lichtreihen zeigten ein frisches, grünes Aussehen.

Es erübrigt nun noch zu beschreiben, in welcher Weise die Pflanzen in den Kästen cultivirt wurden. Zu diesem Zwecke bediente ich mich der Methode der Wassercultur, natürlich in einer Form, wie sie die concreten Verhältnisse erheischten. Grosse Schalen, deren Durchmesser 35—45 Cm. betrug, dienten zur Aufnahme der Wassermengen. Einige Schalen fassten $2^1/_2$, andere etwa 5 Liter Wasser. Um nun eine passende Vorrichtung herzustellen, auf der die Samen ruhen konnten, wurden Drahtringe von fast der Grösse des Umfanges der oberen Schalenränder gebogen, die Ringe dann mit Tüll überzogen, und nun die ganzen Vorrichtungen derartig in

die mit Wasser gefüllten Gefässe gelegt, dass die Oberfläche der Flüssigkeit sich unmittelbar unter dem Tüll befand. Nachdem die Samen auf den flachen Schalen gekeimt hatten, waren die Wurzeln derartig entwickelt, dass sie, wenn die Pflanzen auf den Tüll gebracht wurden, durch die Maschen desselben genügend tief ins Wasser ragten.

Es waren, wie schon bemerkt, 9 Portionen Samen, die ausgelegt wurden. Die einzelnen Maissamenquantitäten dienten folgenden Zwecken:

1. Zur Cultur der Pflanzen bei Zutritt des Lichts, um die nach 4 Wochen geernteten Pflanzen a. in Wurzeln, b. in Stengel, c. in Blätter, d. in Samenrückstände zu zerlegen.
2. Zur Cultur der Pflanzen bei Zutritt des Lichts, um die Producte nach 4 Wochen zu ernten und die gesammte Masse weiter zu untersuchen.
3. Zur Cultur der Pflanzen bei Abschluss des Lichts, um die nach 4 Wochen geernteten Pflanzen a. in Wurzeln, b. in Stengel, c. in Blätter, d. in Samenrückstände zu zerlegen.
4. Zur Cultur der Pflanzen bei Abschluss des Lichts, um die Producte nach 4 Wochen zu ernten und die gesammte Masse weiter zu untersuchen.
5. Zur Cultur der Pflanzen bei Zutritt des Lichtes, um die nach 5 Wochen geernteten Producte in ihrer gesammten Masse weiter zu untersuchen.
6. Zur Cultur der Pflanzen bei Abschluss des Lichtes, um die nach 5 Wochen geernteten Producte in ihrer gesammten Masse weiter zu untersuchen.
7. Zur Erziehung von Keimungsproducten, die schon nach 8 Tagen geerntet wurden, die also überhaupt nicht auf den Tüll gelangten.
8. Zur Ermittelung einer anzubringenden Correctur.
9. Zu demselben Zwecke.

Die benutzten Samenquantitäten giebt die folgende Tabelle an. Die Samen enthielten, wie mehrere Bestimmungen ergaben, im Mittel 83,79 % Trockensubstanz[1]).

---

1) Vergl. die analytischen Belege am Ende der Abhandlung.

	lufttrk. Gr.	absl. trk. Gr.
1.	139,510	116,895
2.	93,601	78,428
3.	167,808	140,606
4.	100,440	84,159
5.	99,861	83,674
6.	100,856	84,507
7.	100,370	84,100
8.	100,070	83,849
9.	84,565	70,857

Die Pflanzen sind also in drei verschiedenen Entwickelungsperioden untersucht worden. Die erste Periode war abgeschlossen, als die Pflanzen 8 Tage alt waren. Nr. 7. diente zur Erziehung solcher Producte, die also als reine Keimungserzeugnisse anzusehen sind. Die zweite Periode war nach 4, die dritte nach 5 wöchentlicher Vegetation erreicht. Die Pflanzen, die aus den Samen der Portionen 3, 4 und 6 hervorgingen, müssen wir als reine Keimungsproducte ansehen, sie konnten sich nur auf Kosten der Reservenahrungsstoffe der Samen entwickeln. Die Samen der Portionen 1, 2 und 5 dagegen lieferten Producte, die sich theils auf Kosten der Reservenahrungsstoffe, theils aber auch dadurch gebildet hatten, dass die Pflanzen während ihrer Vegetation gewisse Stoffe aus der Atmosphäre aufgenommen und assimilirt hatten. Mineralstoffe konnten aber auch diese Pflanzen nicht durch ihre Wurzeln in ihren Organismus befördern, da es stets destillirtes Wasser war, welches zu sämmtlichen Culturen diente.

Was nun die Correcturen anbelangt, zu deren Ermittelung die Samenportionen 8 und 9 dienten, so ist darüber Folgendes zu bemerken. Es leuchtet ein, dass eine Schwierigkeit für die Untersuchungen darin bestehen musste, dass, wie dies ja meist der Fall ist, die ausgelegten Samen sich nicht sämmtlich als keimfähig erwiesen. Es kommt aber in unserm speciellen Falle noch der Umstand hinzu, dass manche der gekeimten Samen nicht die normale und gleichmässige Entwickelung zeigten, wie eine solche erwünscht sein musste. Die Samenquantität, die also einmal überhaupt nicht keimte (dies war eine verhältnissmässig geringe), ferner aber auch die, welche nicht normal entwickelte Producte lieferte, musste demnach entfernt werden; es war von grosser Wichtigkeit, dass nur

solche Pflanzen zur Cultur dienten, die keine abnormen Verhältnisse an sich zur Schau trugen, die kräftig und unter einander möglichst gleichartig gediehen waren.

Wenn nun von den Keimungsproducten ein Theil entfernt werden sollte, so musste es darauf ankommen, das Gewicht der zurückbleibenden Samen und zwar dasjenige derselben festzustellen, welches sie vor Beginn jeder Veränderung, die der Keimungsprocess im Gefolge hat, zeigten. Durch einfache Subtraction der in Zahlen ausgedrückten Quantität der nicht normal entwickelten Menge der Producte von derjenigen der ursprünglich benutzten Samen, war eine Feststellung nicht möglich, da die abnormen Producte einen Theil ihrer Trockensubstanz schon durch Ausgabe von Kohlensäure und Wasser verloren hatten. Ich habe die Samen sämmtlich vor ihrer Benutzung gezählt. Die Division der Zahl, welche die Stückzahl angiebt, in die, welche das Gewicht der Quantität ausdrückt, giebt das mittlere Gewicht des einzelnen Samens. Wurden die nicht normal entfalteten Individuen gezählt, und die erhaltene Zahl mit dem mittleren Gewichte des Samens multiplicirt, das Product aber von dem ursprünglichen Gewichte der Samen subtrahirt, so ergab sich ein Rest, von dem man glauben könnte, dass er das Gewicht der Individuen, die sich normal entwickelt hatten, im Zustande der ursprünglichen, unveränderten Samen richtig ausdrücke. Dem stellen sich indessen Bedenken entgegen und zwar solche, die auf der Erfahrung beruhen, dass die normalsten Pflanzen sich auch stets aus den normalsten Samen entwickeln, welche letztere dann meist auch das höchste Einzelgewicht zeigen. Diese Voraussetzung, obgleich bei der Auswahl der Samen darauf gesehen war, dass nur möglichst gleichartige Objecte zur Anwendung kamen, fand sich denn auch bestätigt, als Bestimmungen zur directen Ermittelung vorgenommen wurden, um das Gewicht der ursprünglichen Samen der normalen Keimungsproducte festzustellen, und als die Ergebnisse dann mit denen verglichen wurden, die sich unter Benutzung der Angaben über die Stückzahl ergeben hatten. Jenen Ermittelungen dienten nun die Samen der Portionen 8 und 9.

Es kam hier also darauf an, aus einer bestimmten Samenquantität nur abnorme Producte zu erziehen. Die Samen wurden zunächst ganz so wie die übrigen behandelt. Nach 6 Tagen hatte eine gewisse Menge derselben sich so weit entwickelt, dass sie, hätte

man sich die Pflanzen ruhig weiter ausbilden lassen, am Schluss der Versuchsreihen, also nach 8 Tagen, völlig normale Producte geliefert haben würden. Dies musste aber verhindert werden. Es wäre solches vielleicht dadurch möglich gewesen, dass man die Pflanzen, welche nach 6 Tagen etwa schon eine Entwickelung aufwiesen, wie sie die abnormen Producte erst nach 8 Tagen erreichten, von den Schalen genommen und getrocknet hätte, um ihrer Menge später den Rest der Producte hinzuzufügen, indessen die Ueberlegung, dass dann ein Theil der Objecte nicht 8 Tage, sondern nur 6 Tage auf den Tellern verharrt haben würde, also Verschiedenheiten zwischen den Versuchen, die zur Ermittelung der Correctur dienten, und den eigentlichen Vegetationsuntersuchungen herbeigeführt worden wären, liess mich ein derartiges Verfahren verwerfen [1]. Die Keimtheile der Pflanzen, die nach 6 Tagen schon eine beträchtliche Entwickelung erfahren hatten, wurden abgebrochen, aber auf den Schalen gelassen. Es waren dadurch die normalen Producte gleichsam in abnorme umgewandelt. 2 Tage später wurden sämmtliche Producte getrocknet und gewogen. Es konnten nun leicht nach Massgabe der Resultate der Correcturbestimmungen die Quantitäten der ursprünglichen Samen berechnet werden, die bei den eigentlichen Vegetationsversuchen den abnormen Producten entsprachen, da ja bei ersteren die benutzte Samenmenge und die der abnormen Producte festgestellt worden war. Schliesslich musste dann noch die Samenmenge, die den abnormen Pflanzen entsprach, von der ursprünglich benutzten gesammten Samenquantität in Abzug gebracht werden, um dadurch die den normalen Producten entsprechende Samenmenge im unveränderten Zustande zu ermitteln. Die Correcturbestimmungen ergaben folgende Resultate: No. 8 lieferte 90,881 Gr. lufttrockner Masse mit 87,14 % Trksb. = 79,203 Trksb., No. 9 dagegen 75,856 Gr. lufttrockner Masse mit 87,65 % Trksb. = 66,488 Trksb. Wenn man nun nach Massgabe der früheren Angaben über die

1) Es war wichtig, dass die Objecte stets eine gleich lange Zeit auf den Schalen verblieben, da die Correcturbestimmungen sonst entschieden zu hoch ausgefallen wären, indem die Objecte, wären sie nach dem 6. Tage von den Tellern genommen, sich nicht, wie das bei den eigentlichen Untersuchungen der Fall war, 8 Tage, sondern kürzere Zeit unter dem Einflusse der Feuchtigkeit befunden hätten, also die organische Substanz in einem Falle eine geringere Zersetzung als im andern erlitten haben würde.

benutzte Samenmenge und der hier mitgetheilten Zahlen den procentischen Verlust der Samen berechnet, welchen diese unter jenen, den Individuen von Portion 8 und 9 bereiteten Zuständen während 8 Tagen erlitten, so ergiebt sich dieser dort zu 94,46, hier zu 93,83 %, im Mittel zu 94,15 %.

Die folgende Tabelle giebt nun die Samenmenge an, die für die einzelnen Portionen, weil sie nicht keimten, oder weil sie sich nicht normal entwickelten, ausgeschlossen werden mussten. Es sei nur noch hervorgehoben, dass die Wassermassen von den flachen Schalen gemessen wurden, um die Flüssigkeitsquantitäten dann nach Massgabe der Menge der normal und abnorm ausgebildeten Samen zu theilen. Das Wasser wurde durch Verdunstung entfernt, und die Rückstände den Vegetationsproducten und der Trockensubstanz der nicht normal entwickelten Samen zugefügt.

	lftk. Sb. Gr.	% Trksb. darin	Trksb. Gr.
1.	86,613	87,87	76,107
2.	60,816	87,79	53,390
3.	91,804	88,20	80,971
4.	64,792	88,64	57,436
5.	68,282	87,93	60,040
6.	57,909	88,53	51,267
7.	50,070	88,92	44,522

Es mag vielleicht scheinen, als sei die Menge der ausgesonderten Samen eine verhältnissmässig grosse. Es war aber doch gewiss geboten, lediglich normal und gleichmässig entwickelte Pflanzen zu den weiteren Arbeiten zu benutzen, und so fand eine strenge Auswahl nur der Individuen statt, die solchen Anforderungen entsprachen. Viel Pflanzen waren unter denen, die ausgeschieden wurden, die sich später wohl ganz normal entwickelt haben würden, sie waren eben nur in der Vegetation zurückgeblieben; indessen dieser Unterschied von den normalen Pflanzen würde sich, wären jene benutzt, stets geltend gemacht haben.

Die Vegetationsproducte, welche von den verschiedenen Samenportionen nach den früher angegebenen Zeiten erhalten wurden, trocknete ich nach der Ernte mit Fliesspapier ab, sie wurden dann weiter getrocknet, nachdem die Producte von No. 1 und 3 zerlegt waren. Die lufttrocknen Massen, denen auch der sehr geringe

Rückstand des eingedunsteten Wassers, in welchem die Pflanzen vegetirt hatten, zugefügt wurde (nur bei No. 1 ging dieser leider verloren), wurden sehr fein gemahlen, um dann sofort eine Probe zur Trockensubstanzbestimmung zu nehmen.

Wir geben nun in der folgenden Tabelle die Resultate der Bestimmungen. Columne 1 giebt die mit Hülfe der Zahl 94,15 auf ursprüngliche Samentrockensubstanz berechnete Trockensubstanzmenge der abnorm entwickelten Pflanzen an. Columne 2 die Differenz der so gefundenen Zahl und derjenigen, welche angiebt, welche Trockensubstanzmenge an Samen überhaupt ausgelegt wurde, also die Samenmenge, welche den erhaltenen Producten entspricht. Columne 3 giebt die von den verschiedenen Portionen geerntete Trockensubstanzmenge an. In Columne 4 sind die Zahlen verzeichnet, welche angeben, wie gross die durch die Vegetation herbeigeführten Verluste in Procenten der benutzten Samen sich stellten, und zwar sind diese Zahlen unter Zugrundelegung der in Columne 5 aufgeführten Angaben erhalten, welche die geerntete Trockensubstanzmenge in Procenten der entsprechenden Samenquantität aufweisen.

No.	1.	2.	3.	4.	5.
1.	80,836	36,059	24,716	31,46	68,54
2.	56,707	21,721	15,010	30,90	69,10
3.	86,002	54,605	32,178	44,07	58,93
4.	61,005	23,154	13,936	39,81	60,19
5.	63,771	19,903	11,524	42,10	57,90
6.	54,452	30,055	15,332	48,99	51,01
7.	47,288	36,812	33,496	9,01	90,99

Die Production an einzelnen Organen der Portion 1 und 3 ist folgende:

	1.	3.
Wurzeln	3,532	4,537
Stengel	2,053	2,728
Blätter	3,747	6,551
Samenrückstände	15,384	18,362
Summa	24,716	32,178

Die weitere Tabelle giebt an: 1) die Menge an verschiedenen Organen, welche 100 Gr. Maissamen der Lichtreihe lieferten; 2) die gleichen Zahlen für die Dunkelreihe.

	1.	2.
Wurzeln	9,80	8,31
Stengel	5,69	5,00
Blätter	10,39	12,00
Samenrückstände	42,66	33,63
	68,54	58,94

Es wird als gerechtfertigt erscheinen, wenn wir, bevor wir die bisherigen Resultate genauer ins Auge fassen, einige einleitende, allgemeine Bemerkungen voranschicken.

Es ist eine sehr bekannte Thatsache, dass die Pflanzen, welche man bei Abschluss des Lichts erzieht, ein Aussehen zeigen, welches sehr wesentlich von dem der Individuen abweicht, die sich bei ungehindertem Zutritt des Lichtes entfalten. Im Allgemeinen lassen sich die Differenzen dahin charakterisiren, dass die Internodien eine weit grössere Länge im Dunkeln erlangen, dass ferner die Blätter der Dicotyledonen, wenn sie sich bei Lichtabschluss entwickeln, allseitig hinter denen in ihrer Grösse zurückstehen, die dem Lichte ausgesetzt waren, und dass endlich die Blätter der Monocotyledonen, die sich im Dunkeln entfalteten, sich von denen, welche unter Zutritt des Lichts erwuchsen, dadurch unterscheiden, dass jene in ihrer Breite hinter diesen zurückbleiben, hinsichtlich ihrer Länge dagegen die letzteren weit übertreffen. Ueber diese und einige weitere Verhältnisse, welche wir noch im Verlaufe unserer Darlegungen berühren wollen, existirt eine reiche Literatur.[1]). Wir fassen nur einige neuere Arbeiten hier genauer ins Auge, vor allem eine von Kraus[2]).

Es liegt nahe, hebt Kraus hervor, die Thatsache des abnormen Wachsthums der sich im Dunkeln entwickelnden Blätter der Dicotyledonen, als eine Wachsthumsstörung in Folge mangelnder Stärkebildung im Chlorophyll (diese kann ja nicht eintreten, weil das letztere nicht vorhanden ist) und in Folge von Mangel an Material für die Zellhautbildung aufzufassen. Die Ueberverlängerung der Internodien bei Abschluss des Lichtes, ebenso auch die Ueberverlängerung der Blätter monocotyler Pflanzen muss indessen wohl auf andere Ursachen zurückgeführt werden, denn es ist nicht einzusehen, wie Nahrungs-

1) Sachs, Zusammenstellungen in der botanischen Zeitung. 1863.

2) Kraus, Pringsheims Jahrbücher. Bd. VII, S. 209.

mangel die energische Entwickelung der Organe herbeiführen kann. Weiter ist es bekannt, dass Cotyledonen, die reich an Stärke und Oel sind, im Dunkeln oft durchaus nicht wachsen; hier fehlt es also nicht an Material zur Ernährung, doch aber hört das Wachsthum der Organe nach gewisser Zeit auf. Diese eigenthümlichen, sich scheinbar widersprechenden Thatsachen sucht Kraus in seiner Abhandlung nun unter gewisse allgemeine Gesichtspunkte zu bringen, und er ist dann bestrebt, von da aus die Verschiedenheit in den äusseren Erscheinungen auf gewisse secundäre Ursachen zurückzuführen.

Die abnorme Entwickelung der Laubblätter dicotyler Pflanzen im Finstern fasst Kraus als aus einem Mangel an Material zur Zellhautbildung hervorgegangen auf. Er hat gefunden [1]), dass Blätter, die dem Licht ausgesetzt sind, in ihrem Chlorophyll sehr bald Stärke aufweisen, auf der anderen Seite hat er aber auch die Bemerkung gemacht, dass Laubblätter, die sich im Dunkeln entwickelten, nur Spuren von Stärke in ihrer Substanz erkennen lassen. Aus diesen Verhältnissen folgert Kraus, dass das Laubblatt eben des Mangels an Baumaterial wegen sich im Finstern nur bis zu dem Stadium entwickeln könne, wo es, wenn es ganz normalen Verhältnissen ausgesetzt wäre, ans Tageslicht treten müsste. Die Laubblätter der Dicotyledonen bleiben also im Finstern auf einer gewissen Entwickelungsstufe stehen, unter dem Einflusse des Lichtes dagegen vermögen sie zu assimiliren, und nun auch, nachdem dieser Process Baumaterial herbeigeschafft hat, findet Weiterentwickelung statt.

Der Nahrungsmangel kann aber für Cotyledonen, die reichlich mit Oel oder Stärke erfüllt sind und im Dunkeln dennoch nicht wachsen, nicht als Ursache der Verkümmerung angesehen werden. Hier wirkt, wie Kraus hervorhebt, ein anderes Moment; er sucht die Erscheinung durch die Annahme zu erklären, dass sich hier aus der Stärke lediglich unter Lichteinfluss Cellulose zu bilden vermag.

Die wunderbarste Thatsache besteht entschieden nun in der im Finstern hervortretenden Ueberverlängerung der Internodien und monocotylen Blätter. Was erstere anbetrifft, so ist es diese vorzüglich, der Kraus seine Aufmerksamkeit widmet. Er hat gefunden, dass die etiolirten Internodien den normalen Stengeln gegenüber ganz den Charakter von Organen tragen, die in ihrer Entwickelung zurückgeblieben sind. Nach Zahl und Ausbildung der Fibrovasalbündel

1) Kraus, Pringsheims Jahrbücher, Bd. VIII, S. 511.

und nach Form und Verdickung der Rindenelemente etc. scheint dies der Fall zu sein. Kraus sagt S. 214:

„Verlängerte und verkürzte Organe bleiben also gemeinschaftlich auf einer niederen Entwickelungsstufe stehen, und die Verlängerung darf nicht als ein Gegensatz der Verkürzung, sondern als ein für die Stengel neu hinzugekommenes, und einer neuen und eigenen Erklärung bedürfendes Merkmal angesehen werden.“ Die Ursachen nun, welche die Verlängerung der Internodien im Finstern herbeiführen, sieht Kraus vorwiegend in dem Umstande, dass die Zellen, wie er durch Messungen constatirt hat, bei etiolirten Stengeln weit länger sind, als bei normalen; zum Theil (dies Verhältniss lässt Kraus aber mehr bei Seite) liegt der Grund der grösseren Längsausdehnung im Dunkeln erzogener Internodien aber auch in einer Zellübervermehrung, d. h. in der Production einer grösseren Zahl von Zellen in einem etiolirten Stengelgliede als in einem entsprechenden normalen Pflanzentheile.

Die Ueberverlängerung der etiolirten Zellen erklärt Kraus aber, sich an Untersuchungen anlehnend, die er schon früher ausgeführt hatte [1]), durch Hinweis auf eigenthümliche Spannungsverhältnisse. Während der ganzen Vegetationszeit etiolirter Internodien werden die peripherischen Stengeltheile, die, eben der hervorgehobenen primitiven Ausbildung halber, stets leicht dehnbar bleiben und einem auf sie wirkenden Zuge nur verhältnissmässig geringen Widerstand entgegensetzen, vom Mark passiv gespannt, mithin die einzelnen Zellen in die Länge gezogen. Die active Spannung des Markes während der ganzen Vegetationszeit etiolirter Internodien erklärt Kraus aus einer gesteigerten Wasseraufnahme desselben, die, da die etiolirten Pflanzen bekanntlich wasserreicher als normale sind [2]), dort in besonders hohem Grade stattfinden muss. Bei den Blättern monocotyler Pflanzen sollen es desgleichen Spannungsverhältnisse sein, die ihnen in erster Linie die eigenthümliche Form verleihen, welche sie in der Finsterniss erlangen. Kraus schliesst seine Abhandlung mit dem Hinweise darauf, dass es nicht als ein unlösbarer Widerspruch anzusehen sei, wenn wir bei Lichtabschluss in einem Falle (Blätter der Dicotyledonen und Breitenwachsthum der monocotylen Blätter) die Vegetationsintensität deprimirt sehen; während

1) Kraus, Die Gewebespannung und ihre Folgen. 1867.

2) Karsten, Versuchsstationen. 1871. S. 184.

sie im anderen (Längswachsthum der Internodien und monocotylen Blätter) gesteigert wird. Es mögen besondere Verhältnisse sein, welche uns noch völlig unbekannt sind, die dort das Wachsthum nur unter dem Einflusse des Lichtes herbeiführen, die jenes hier aber auch in der Finsterniss vor sich gehen lassen.

Den Kraus'schen Ansichten tritt Batalin[1]) entgegen. Er weist darauf hin, dass sich in etiolirten dicotylen Blättern Zucker, also ein Stoff findet, der in physiologischer Hinsicht der Stärke gleichwerthig ist. Dieser Beobachtung zufolge will Batalin aber die Behauptung von Kraus, dass die Blätter aus Mangel an Nahrung in ihrer Vegetation zurückblieben, nicht zugeben; die andere Ansicht, dass an Stärke reiche Cotyledonen im Finstern nicht gedeihen, weil sich die Stärke nur unter Lichteinfluss in Cellulose verwandeln soll, giebt Batalin desgleichen nicht zu; sie scheint ihm darum als bedeutungslos, weil doch die Internodien im Dunkeln sich ausbilden. Verschiedene Versuche führen Batalin zu dem Schlusse, dass die Zelltheilung im Finstern nicht vor sich gehen könne, oder dass doch zum Mindesten das Licht irgend welchen Einfluss auf ihr Zustandekommen habe. Rücksichtlich der Einzelheiten verweisen wir auf Batalin's Abhandlung selbst.

Karsten[2]) erkennt die Resutate seiner Untersuchungen an Phaseolus multiflorus als solche an, die in völliger Harmonie mit denen von Kraus stehen. Karsten hat die Quantitäten an Internodien, Blättern etc. bestimmt, welche eine gewisse Samenquantität im Finstern und bei Zutritt des Lichtes lieferte. Es ergab sich, dass unter dem Einfluss des Lichtes eine weit grössere Quantität an Blättern, dagegen eine geringere Quantität an Internodien als im Finstern producirt wurde. Die grössere Länge der Zellen, welche im etiolirten Internodium von Kraus beobachtet wurde, führt die beträchtlichere Länge der Organe einerseits herbei, die Uebervermehrung der Zellenbildung im etiolirten Internodium ist die weitere Ursache der Erscheinung; ihre Wirksamkeit spricht sich durch die Beobachtung Karsten's deutlich aus, dass bei Abschluss des Lichtes eine grössere Masse an Substanz der Internodien producirt wird. Das Wachsthum der Blätter tritt dagegen in der Dunkelheit bedeutend zurück.

---

1) Batalin, Botanische Zeitung. 1871. S. 669.

2) Karsten, Versuchsstationen 1871. S. 185.

Einige Bemerkungen, welche Sachs[1]) über die einschlägigen Verhältnisse in der neuesten Auflage seines Lehrbuches giebt, scheinen auch von Interesse zu sein. Sachs macht auf die grossen Schwierigkeiten aufmerksam, welche die Untersuchungen über die Ursachen des Wachsthums darbieten; es ist zur Zeit noch durchaus nicht möglich, eine in sich abgeschlossene Theorie des Wachsthums zu entwickeln. Besonders schwierig ist die Thatsache zu erklären, dass die dicotylen Blätter im Finstern in ihrem Wachsthum zurückbleiben. Für die Internodien hat Sachs gefunden[2]), dass sie eine tägliche Periodicität des Wachsthums zeigen, derartig nämlich, dass zur Nachtzeit der Hauptzuwachs vor sich geht. Für die Blätter ist ein ganz analoges Verhältniss von Prautl[3]) neuerdings constatirt worden. Dennoch aber sehen wir, dass Internodien und Blätter sich in absoluter Finserniss sehr verschieden verhalten. Unter normalen Verhältnissen finden wir, dass in beiden Organen das Licht eine retardirende Wirkung auf das Wachsthum ausübt; unter Verhältnissen, welche das Etiolement im Gefolge haben, verhalten sich die Internodien anders als die dicotylen Blätter. Berücksichtigt man das Verhalten der letzteren lediglich im etiolirten Zustande, so könnte man daraus den Schluss ziehen, dass sich ihr Flächenwachsthum gerade umgekehrt verhalte wie das Längswachsthum der Internodien und der monocotylen Blätter. Dass dies aber factisch nicht der Fall ist, geht aus den Beobachtungen Prautl's hervor, die beweisen, dass auch den Blättern zur Nachtzeit die grösste Energie der Zellvermehrung zukommt; ferner bestätigt dies auch noch eine Beobachtung Batalins[4]). Bringt man etiolirte Blätter ab und zu unter den Einfluss des Lichtes, stets aber nur so kurze Zeit, dass sie nicht ergrünen, so vermögen sie nun im Dunkeln zu wachsen; sie werden beträchtlich grösser als solche Blätter, die dem Lichte gar nicht ausgesetzt gewesen waren. Aus dem Angeführten geht aber hervor, dass nicht ein derartiger Gegensatz zwischen den Internodien und den dicotylen Blättern besteht, dem zufolge letztere überhaupt nicht im Finstern zu wachsen vermöchten. Wenn man nun trotzdem sieht, dass etiolirte Blätter im Finstern sehr bald in ihrer

1) Sachs, Lehrbuch 1874. S. 724 und S. 808.

2) Sachs, Arbeiten d. Botan. Instit. z. Würzburg. Heft II. S. 99.

3) Prautl, Ebendaselbst, Heft III. S. 382.

4) Batalin, Botan. Zeitung 1871. S. 675.

Vegetation aufhören, so hat man sich dies als eine Krankheitserscheinung zu deuten, die darin besteht, dass gewisse Vorgänge, die dem Wachsthum vorangehen müssen, die aber nur durch das Licht herbeigeführt werden können, in absoluter Finsterniss unterbleiben. Wenn sich die Blätter unter dem Einflusse von Tag und Nacht ausbilden, so wirkt das Licht auf das Wachsthum an sich retardirend, es gehen aber am Tage jene eigenthümlichen Processe, die das Wachsthum überhaupt erst möglich machen, vor sich, so dass letzteres in der nachfolgenden Finsterniss dann eintritt. An Assimilation hat man hier nicht zu denken, dies zeigen die Untersuchungen Batalins.

Fassen wir nun unsere Ergebnisse ins Auge, so zeigt sich, dass unter dem Einflusse des Lichtes dem Endosperm der Maissamen weniger Reservenahrungsstoffe als in absoluter Finsterniss entzogen werden. Karsten hat für die Cotyledonen von Phaseolus ein analoges Verhältniss constatirt. Bei dieser Pflanze hat Karsten weiter gefunden, dass bei Abschluss des Lichtes die Wurzelproduction sinkt; ein Gleiches zeigen unsere Zahlen. Bei Phaseolus nahm die Blattproduction im Dunkeln beträchtlich ab, die Production der Internodien dagegen zu. Unsere Versuche mit Zea ergeben ein entgegengesetztes Resultat. Bei Lichtzutritt stieg die Production der Internodien, die Blattproduction nahm dagegen ab.

Was den Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum der Wurzeln anbetrifft, so sind es besonders die neueren Untersuchungen von Strehl[1]), die uns darüber Aufschluss geben. Aus den Untersuchungen ergiebt sich, dass das Licht unter normalen Verhältnissen retardirend auf das Wurzelwachsthum einwirkt, dass aber in etiolirten Wurzeln die Zellenzahl eines bestimmten Theiles geringer ist, als in dem entsprechenden Theile einer bei Lichtzutritt erzeugten Wurzel. Die Zellen der etiolirten Wurzeln fand Strehl aber grösser, als die der normalen Organe; die Ueberverlängerung der im Dunkeln gewachsenen Wurzeln rührt also wesentlich von einer Zellüberverlängerung her. Es wird hierdurch die Thatsache erklärt, die wir beobachtet haben, dass bei Lichtabschluss eine geringere Quantität Wurzeln producirt wurde, als dies unter Lichteinfluss der Fall war.

Ganz Analoges scheint mir bei den Internodien von Zea der Fall

1) Strehl, Untersuchungen über das Wachsthum der Wurzeln und des hypocotylen Gliedes. 1874.

zu sein. Auch hier ist die Production an Substanz im Finstern geringer als bei Lichtzutritt. Die Ueberverlängerung der Stengelglieder beruht auf einer Zellüberverlängerung, die sich im Sinne Kraus' erklären lässt. Auf jeden Fall musste die Energie des Wachsthums der Internodien im Dunkeln deprimirt sein, sonst würde sich mehr Substanz gebildet haben. Die Energie des Wachsthums der Blätter von Zea Mays wird aber in der Finsterniss gesteigert. Es ist möglich, dass das eigenthümliche Verhalten von Phaseolus einerseits, von Zea andererseits, characteristisch für das Verhalten der Dicotyledonen auf der einen Seite, der Monocotyledonen auf der anderen ist; es ist möglich, dass sich die einzelnen Formen dieser beiden grossen Pflanzengruppen rücksichtlich des Einflusses, den das Licht auf die Wachsthumsenergie ihrer Organe ausübt, im Allgemeinen wie unsere beiden Repräsentanten verhalten. Die Ueberverlängerung der Organe, soweit sie auf einer Ueberverlängerung der Zellen beruht, stellt sich uns, den Untersuchungen von Kraus zufolge, ziemlich klar dar; aus welchem Grunde aber hier die Wachsthumsintensität grösser, dort geringer ist, je nachdem die Pflanzen im Licht oder in der Finsterniss gezogen werden, darüber herrscht noch grosses Dunkel.

II.

Die elementare Zusammensetzung der Samen und der Vegetationsproducte.

Der zweite Abschnitt unserer Darstellungen soll uns nun zeigen, welche Verschiedenheiten sich zwischen der elementaren Zusammensetzung der Samen und der Vegetationsproducte finden. Wenn man feststellt, wie viel Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Mineralstoffe einerseits die Samen, andererseits aber die Vegetationsproducte enthalten, so kann man, wenn man die erhaltenen Resultate vergleicht, darüber Aufschluss erhalten, ob die Pflanzen während des Wachsthumes von diesen Stoffen gewisse Mengen aufgenommen oder vielleicht ausgegeben haben. Wenden wir uns zunächst zur Betrachtung des Verhaltens des Stickstoffs.

Sehr vielfältig hat man sich mit der Frage beschäftigt, ob die Pflanzen beim Keimen oder bei der Vegetation überhaupt von dem

vorhandenen Stickstoffe verlieren oder nicht. Streng genommen ist diese Frage nur dadurch endgültig zu entscheiden, dass man sich Samen unter völlig normalen Verhältnissen entwickeln lässt, also etwa einen continuirlichen Luftstrom durch die geschlossenen Gefässe leitet, in denen die Pflanzen sich befinden, um nun zu untersuchen, ob die Luft hinsichtlich ihres Stickstoffgehaltes sich verändert hat oder nicht, oder ob sie von den Versuchsobjecten ausgehauchtes Ammoniak enthält. Verschiedene Untersuchungen, die in dieser Weise angestellt sind, haben Resultate geliefert, die sich zum Theil sehr widersprechen. Manche Arbeiten ergaben ein Austreten von Ammoniak bei der Keimung, andere zeigten dies nicht, M. Schulze[1]) fand sogar, dass Kresse bei der Keimung reinen Stickstoff ausgab. Solche Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Untersuchungen mit eigenthümlichen Schwierigkeiten verbunden sein müssen, und in der That ist dies denn auch sehr wohl denkbar, indem ungemein leicht sich durch Fäulnissprocesse aus den Samen Ammoniak entwickeln kann, wodurch dann natürlich die Resultate getrübt werden müssen. Dass sich freier Stickstoff bei der Keimung entwickelt, ist sehr unwahrscheinlich; die Versuche, welche zu einem solchen Ergebnisse führten, sind unter sehr abnormen Verhältnissen angestellt worden; die Kresse, mit der Schulze namentlich experimentirte, entwickelte sich in einer sehr kohlensäurereichen Luft.

Die meisten zum Zweck der Entscheidung der vorliegenden Frage angestellten Arbeiten wurden in der Weise ausgeführt, dass der Stickstoffgehalt der Samen einerseits, weiter aber derjenige der Vegetationsproducte ermittelt wurde, um nun durch Vergleichung der analytischen Ergebnisse zu einem Resultate zu gelangen. Es ist unvermeidlich, dass gewisse Fehlerquellen sich bei einem solchen Verfahren einstellen; wir erinnern nur daran, dass die Endresultate von vielen einzelnen Wägungen abhängig sind; trotzdem aber muss es doch auf diesem Wege möglich sein, zu erfahren, ob die Stickstoffverluste, wenn sie überhaupt eintreten, nur gering sind oder sich als bedeutender erweisen. Viele in der angedeuteten Weise angestellte Untersuchungen haben ergeben, dass manche Pflanzen eine beträchtliche Entwickelung erfahren können, ohne dass die vorhandene Menge an stickstoffhaltigen Substanzen einen Verlust erlitte.

---

1) M. Schulze, Journal f. prakt. Chemie, Bd. 87. S. 129.

Andere dagegen führten zu entgegengesetzten Ergebnissen. Weizen, Mais und Bohnen erleiden nach Boussingault[1]) bei der Vegetation keinen Stickstoffverlust, für Erbsen fand Sachsse[2]) einen sehr geringen; Bohnen dagegen erleiden nach Karsten[3]) und Schröder[4]), mögen sie im Licht oder in der Finsterniss vegetiren, einen beträchtlichen Stickstoffverlust.

Ich habe meine Maissamen ebenfalls auf ihren Stickstoffgehalt geprüft, dann später die Vegetationsproducte desgleichen. Die Bestimmungen sind einfach in der Weise ausgeführt, dass die Substanzen mit Natronkalk verbrannt, und das entweichende Ammoniak in einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Apparate aufgefangen wurde. Jedesmal wurden 30 C.C. Flüssigkeit vorgelegt. Die bei der Analyse der Samen benutzte verdünnte Säure enthielt eine Schwefelsäurequantität, welche 1,1789 Gr. $BaSO_4$, die weiter angewandte dagegen aber eine Säuremenge, welche 1,156 $BaSO_4$ entsprach. Diesen Mengen an schwefelsaurem Baryt entsprachen 0,1412, resp. 0,1389 Gr. Stickstoff. Durch Titriren mittelst Barytwassers wurde die Menge Schwefelsäure festgestellt, welche bei jeder Analyse durch das aus dem Verbrennungsrohre entweichende Ammoniak ihre Neutralisation fand; es konnte dann leicht der Stickstoffgehalt der Substanzen berechnet werden. Die folgende Tabelle giebt den procentischen Stickstoffgehalt der Samen und der Vegetationsproducte an:

	Samen	No. 2.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.
	1,68	2,37	2,59	2,63	3,17	1,72
	1,73	2,39	2,58	2,55	3,12	1,83
Mittel	1,71	2,38	2,59	2,59	3,15	1,78

Diese Aufführung des procentischen Stickstoffgehaltes der Substanzen giebt noch kein Bild von dem Verhalten des Körpers bei der Vegetation. Man muss bedenken, dass, wenn kein Stickstoffverlust stattgefunden hat, der procentische Stickstoffgehalt der Trockensubstanz der geernteten Producte um so viel grösser sein muss, als den Verlusten entspricht, welche die Pflanzen während ihrer Vegetation erlitten. 100 Gr. Samen wurden durch die Keimung der Portion No. 7 auf 90,99 Gr. Trockensubstanz, durch die Vegetation

1) Boussingault, Compt. rend. T. 58. p. 881.

2) Sachsse, Keimung v. Pisum sativum. S. 22.

3) Karsten, Versuchsstationen. Bd. XIII. S. 193.

4) Schröder, Ebendas. Bd. X. S. 493.

der Pflanzen von Portion 2 auf 69,10 Gr. Trksb. reducirt, wenn also kein Stickstoffverlust stattgefunden hat, so müssen die Trockensubstanzquantitäten der verschiedenen Portionen, welche 100 Gr. Samen entsprechen, eine Stickstoffmenge enthalten, die mit der sich in den letzteren vorfindenden gleich ist. Die Berechnung auf Grund der früher mitgetheilten Bestimmungen der bei der Vegetation eintretenden Verluste und der procentischen Stickstoffgehalte ergiebt nun folgende Zahlen:

		Stickstoffgehalt von	Differenz
100,00 Gr.	Samen	1,71 Gr.	
69,10 „	No. 2	1,64 „	— 0,07
60,19 „	„ 4	1,56 „	— 0,15
57,90 „	„ 5	1,47 „	— 0,24
51,01 „	„ 6	1,61 „	— 0,10
90,99 „	„ 7	1,62 „	— 0,09

Mir scheinen die Zahlen entschieden dafür zu sprechen, dass kein Stickstoffverlust bei der Vegetation von Zea Mays eintritt. Die Differenzen sind verhältnissmässig gering, und dies dürfte wohl mit Bestimmtheit darauf hinweisen, dass dieselben durch irgend welche Fehlerquellen herbeigeführt sind.

Die erforderlichen Aschenbestimmungen wurden dort, wo mir eine grössere Quantität von Material zur Disposition stand, in der Weise ausgeführt, dass ich die vegetabilische Substanz langsam in der Platinschale verkohlte, die Masse nun mit Wasser auszog, um die Alkalien zu entfernen, den Rückstand stark glühte und nun den Verdampfungsrückstand der Flüssigkeit zu der Hauptmasse der Asche hinzuthat, um alles gelinde zu erhitzen. Mittelst des Dietrich-schen Apparates sind einige Kohlensäurebestimmungen in der Asche vorgenommen worden; die sich vorfindende Kohlensäurequantität war aber so gering, dass ich sie nicht weiter berücksichtigt habe. Bei 760 m.m. Barometerstand und 24° C. Temperatur entwickelten sich z. B. aus 0,350 Gr. Asche 0,2 C.C. CO_2. 0,37 C.C. sind unter diesen Verhältnissen von der Salzsäure an Kohlensäure absorbirt, welche erstere zur Zersetzung der Carbonate diente. 0,57 C.C. CO_2 waren also im Ganzen frei geworden. 1 CC. CO_2 wiegt aber unter den angegebenen Verhältnissen 1,75508 Mg. Die Kohlensäuremenge der Asche macht also nur einen sehr geringen Theil der letzteren aus, und bei der Berechnung des procentischen Gehaltes der vegetabilischen Substanz

an Asche, werden durchaus keine berücksichtigungswerthen Fehler hervorgerufen, wenn man die Kohlensäure ausser Acht lässt. Dort, wo mir nur geringe Mengen von Substanz zur Verfügung standen, wurde die Aschenmenge durch einfaches Verbrennen ermittelt. Die folgende Tabelle giebt in der mit 1 bezeichneten Columne den procentischen Aschengehalt der Samen und der Producte an. Columne 2 zeigt dann die Aschenquantitäten auf, welche sich in den Mengen der Vegetationsproducte finden, die 100 Gr. Samen entsprechen. Columne 3 giebt die Differenzen zwischen den Zahlen von 1 a und 2 an. Wir sehen, dass der Aschengehalt der Substanzen um etwas zugenommen hat, und erklärt sich diese Thatsache daraus, dass wohl stets geringe Mengen an Mineralstoffen den Pflanzen dadurch zugeführt wurden, dass von der Substanz der Schalen, in welchen die Culturen stattfanden, Spuren in Lösung gingen.

	1.	2.	3.
Samen	a. 1,50		
No. 2.	2,65	1,83	0,33
„ 4.	2,84	1,71	0,21
„ 5.	3,04	1,76	0,26
„ 6.	3,47	1,77	0,27
„ 7.	1,83	1,67	0,17

Was die Elementaranalysen anbetrifft, so wurden sie ganz in der Weise ausgeführt, wie dies im ersten Abschnitte unserer Arbeit angegeben ist. Die folgende Uebersicht giebt die procentischen Gehalte der Samen und der Vegetationsproducte an Kohlenstoff und Wasserstoff an.

					Mittel
	Samen				
Kohlenstoff	47,56	47,86	47,60	47,56	47,65
Wasserstoff	7,81	7,95	7,85		7,87
	Producte von No. 2.				
Kohlenstoff	49,78	49,68			49,73
Wasserstoff	7,99	7,96			7,98
	Producte von No. 4.				
Kohlenstoff	48,16	48,06			48,11
Wasserstoff	8,18	8,06			8,12
	Producte von No. 6.				
Kohlenstoff	48,09	48,16			48,13
Wasserstoff	8,10	8,04			8,07

Producte von No. 7.

				Mittel
Kohlenstoff	47,34	47,18	47,54	47,35
Wasserstoff	7,04	6,97	7,13	7,05

Aus diesen und den früheren Angaben stellt sich nun die elementare Zusammensetzung der benutzten Maissamen und der Vegetationsproducte in 100 Theilen wie folgt:

	Samen	No. 2.	No. 4.	No. 6.	No. 7.
C.	47,65	49,73	48,11	48,13	47,35
H.	7,87	7,98	8,12	8,07	7,05
N.	1,71	2,38	2,59	3,15	1,78
Asche	1,50	2,65	2,84	3,47	1,83
O.	41,27	37,26	38,34	37,18	41,99

Um ein Bild von den absoluten Verlusten zu geben, welche 100 Gr. Samen während der verschiedenen Vegetationsstadien erleiden, haben wir die Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoffmengen etc. berechnet, die sich in den Quantitäten der Rückstände vorfinden, welche je 100 Gr. Samen entsprechen. Die folgende Tabelle giebt diese Zusammenstellung. Zum Vergleich führen wir die procentische Zusammensetzung der Samen nochmals auf.

	100 Gr. Samen enthalten	No. 2. 69,10 Gr. enthalten	No. 4. 60,19 Gr. enthalten	No. 6. 51,01 Gr. enthalten	No. 7. 90,99 Gr. enthalten
C.	47,65	34,36	28,96	24,55	43,08
H.	7,87	5,51	4,89	4,12	6,41
N.	1,71	1,64	1,56	1,61	1,62
Asche	1,50	1,83	1,74	1,77	1,67
O.	41,27	25,75	23,08	18,97	38,21

1. Es verlieren also 100 Gr. Trockensubstanz, wenn sie am Ende der ersten Keimungsperiode 90,99 Gr. zurücklassen:

Kohlenstoff 4,57 Gr.
Wasserstoff 1,46 „
Sauerstoff 3,06 „

2. Es verlieren 100 Gr. Trksb., wenn sie nach Vollendung der zweiten Keimungsperiode 60,19 Gr. zurücklassen:

Kohlenstoff 18,69 Gr.
Wasserstoff 2,98 „
Sauerstoff 18,19 „

3. Es verlieren 100 Gr. Trksb., wenn sie nach Vollendung der dritten Keimungsperiode 51,01 Gr. zurücklassen:

Kohlenstoff 23,10 Gr.
Wasserstoff 3,75 „
Sauerstoff 22,30 „

Der Verlust während der zweiten Keimungsperiode beträgt also: Die Differenz von 2—1, nämlich:

Kohlenstoff 14,12 Gr.
Wasserstoff 1,52 „
Sauerstoff 15,13 „

Der Verlust während der dritten Keimungsperiode beträgt also: Die Differenz von 3—2, nämlich:

Kohlenstoff 4,41 Gr.
Wasserstoff 0,77 „
Sauerstoff 4,11 „

Es verlieren 100 Gr. Trksb., wenn sie nach Vollendung der Assimilationsperiode, vergleiche No. 2, 69,10 Gr. zurücklassen:

Kohlenstoff 13,29 Gr.
Wasserstoff 2,36 „
Sauerstoff 15,52 „

Es enthalten die Producte der Assimilationsperiode mehr als die der zweiten Keimungsperiode, welche sich gleichzeitig mit jenen entwickelten:

Kohlenstoff 5,40 Gr.
Wasserstoff 0,62 „
Sauerstoff 2,67 „

Bleiben wir zunächst bei den letzten Angaben stehen, so sagen diese uns, dass Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff von den Pflanzen, die im Licht cultivirt wurden, assimilirt ist. Das atomistische Verhältniss, in welchem der Process vor sich geht, ist Folgendes:

$$C^{1} H^{0,69} O^{0,37}$$

Wir müssen durch diese Verhältnisse dem Schlusse nahe treten, dass während der Assimilation Wasser zersetzt wird, und nun nicht sämmtlicher Sauerstoff der Pflanze verbleibt, vielmehr verhältnissmässig beträchtlich mehr Wasserstoff gebunden wird. Solche Anschauungen sind schon früher über den Assimilationsprocess der Erbse, des Weizens und Klees von Boussingault[1]) ausgesprochen

1) Boussingault, Landwirthschaft. Deutsch v. Graeger. Bd. I. S. 59.

worden; für den der Bohnen gelangte dieser Forscher zu anderen Resultaten[1]). Mir scheint es indessen, als könne man aus derartigen Untersuchungen wie Boussingault sie anstellte, und wie wir dies auch thaten, nicht mit absoluter Sicherheit den Schluss ziehen, dass eben Wasser sich bei der Assimilation zersetzt habe, und nun die Elemente nicht in dem Verhältnisse aufgenommen seien, in welchem sie sich im Wasser vorfinden. Es ist nämlich möglich, dass Wasserstoff und Sauerstoff durch den Assimilationsprocess factisch in dem Verhältnisse in den vegetabilischen Organismus aufgenommen wurden, in welchem sie Wasser bilden, dass aber nun die neben dem Assimilationsvorgange stets stattfindenden Zersetzungsprocesse in der Pflanze, welche der atmosphärische Sauerstoff bedingt, verhältnissmässig wenig Wasserstoff oxydirten, dagegen verhältnissmässig viel Sauerstoff aus dem Organismus entfernten. Für die Zersetzungsvorgänge, die an den assimilirenden Pflanzen vorgingen, haben wir in den Processen einen Massstab, welche sich uns an den etiolirten Pflanzen zeigten. Vom Beginn der Keimung bis zum Ende der zweiten Periode werden 18,19 Gr. O und 2,98 Gr. H von 100 Gr. Samen abgeschieden. Diese Mengen verloren die assimilirenden Pflanzen ebenfalls; sie vermochten nur, was die im Dunkeln wachsenden Individuen nicht konnten, durch Bindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff den Verlust bis zu einem gewissen Grade zu decken; von dieser neu producirten organischen Substanz musste aber ein Theil auch wieder der Zersetzung anheimfallen. Dem Sauerstoff entsprechen 2,27 Gr. Wasserstoff; wir sehen also, dass 0,71 Gr. Wasserstoff mehr ausgehaucht wurden, als dem Sauerstoff entspräche, wenn die Elemente in dem Verhältniss, in welchem sie Wasser bilden, abgeschieden worden wären. Der vorhin gegen die Ansicht, dass verhältnissmässig mehr Wasserstoff als Sauerstoff assimilirt wird, geltend gemachte Einwand, wird durch diese Betrachtung entkräftet. Durch die Zersetzung wird nicht verhältnissmässig wenig, sondern recht viel Wasserstoff in Anspruch genommen. Die Assimilation der Maispflanze wird demnach höchst wahrscheinlich eine Wasserzersetzung und eine Bindung von mehr Wasserstoff, als dem Sauerstoff des Wassers entspricht, herbeiführen; absolut sicher ist dies Resultat nicht, denn es könnte die Zersetzung, welche die im Licht neu producirte Substanz doch auch erleidet, derartig

1) Boussingault, Compt. rend. 1864. T. 58. p. 885.

sein, dass durch sie sehr wenig Wasserstoff, viel Sauerstoff aber frei gemacht würde. Eine solche Erscheinung, die überdies noch in beträchtlich hohem Grade auftreten müsste, hat wenig Wahrscheinlichkeit; unsere Untersuchungen geben uns aber keine Anhaltspunkte, um ihr Vorhandensein oder ihre Abwesenheit sicher zu constatiren.

Gehen wir auf die Keimungsperioden ein, so heben wir zunächst die atomistischen Verhältnisse hervor, in denen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff ausgehaucht wurden. Es sind dies folgende:

$C^1 H^{1,92} O^{0,50}$ für Periode 1.

$C^1 H^{0,65} O^{0,80}$ „ „ 2.

$C^1 H^{1,05} O^{0,70}$ „ „ 3.

Wir sehen also, dass die Abscheidung der verschiedenen Körper in den aufeinander folgenden Perioden nicht in gleicher Weise vor sich geht. Boussingault[1]) hat Maissamen sich 3 Wochen entwickeln lassen. Aus seinen Angaben berechnet sich das atomistische Verhältniss der ausgetretenen Stoffe wie folgt:

$$C^1 H^{0,93} O^{1,04}$$

Wenn wir das atomistische Verhältniss berechnen, in welchem die Stoffe bei unsern Untersuchungen vom Beginn der Keimung bis zum Ende der zweiten Periode ausgetreten sind, so erhalten wir folgende Zahlen:

$$C^1 H^{0,96} O^{0,73}$$

Boussingault cultivirte seine Pflanzen 3 Wochen, die unseren waren dagegen 4 Wochen den Keimungsbedingungen ausgesetzt. Dieser Umstand und der weitere, dass wir es hier mit den Resultaten von zwei ganz verschiedenen Untersuchungen zu thun haben, macht die Differenzen der Ergebnisse sehr erklärlich. Das Verhältniss übrigens, in denen Kohlenstoff und Wasserstoff während der beiden Untersuchungen abgeschieden wurden, ist fast völlig gleich; unsere Samen gaben dagegen weniger Sauerstoff als die Boussingaults aus.

Es ist übrigens eine Erscheinung, welche schon bei andern Samen während der Keimung beobachtet wurde, dass die Elemente in den verschiedenen Perioden in wechselnden Verhältnissen austreten. Sachsse[2]) hat Erbsenkeimlinge in zwei Perioden untersucht. Die erste umfasste 114, die zweite 184 Stunden. Das atomistische Verhältniss der ausgehauchten Stoffe ist:

---

1) Boussingault, Compt. rend. T. 58. p. 883.

2) Sachsse, Keimung von Pisum. S. 30.

$C^1 H^{0,67} O^{0,79}$ für Periode 1.

$C^1 H^{1,20} O^{0,79}$ „ „ 2.

Boussingault[1]) hat Erbsen 56 Tage bei Abschluss des Lichtes gezogen; es ergab sich, dass das atomistische Verhältniss der ausgehauchten Stoffe folgendes war:

$$C^1 H^{0,75} O^{0,65}$$

Es ist von Interesse, dass die atomistischen Verhältnisse, in denen die Abscheidung der Elemente in der ersten Keimungsperiode der Erbsen und andererseits während der zweiten Keimungsperiode von Zea Mays stattfindet, fast genau dieselben sind.

Nach Sachsses Beobachtungen $C^1 H^{0,67} O^{0,79}$ Erbsen Pd. 1.

„ unsern „ $C^1 H^{0,65} O^{0,80}$ Mais „ 2.

Auf die in diesem Abschnitte berührten Verhältnisse werden wir später wieder zurückkommen.

III.

Die Entstehung und das Verhalten des Asparagins.

Dem Asparagin, einem Körper, der vielfältig bei der Keimung verschiedener Samen auftritt, hat man schon mehrfach besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Beyer[2]) hat das Asparagin in den Keimtheilen von Lupinus quantitativ nachgewiesen. Boussingault[3]) hat Asparagin aus Bohnenkeimlingen dargestellt. Cossa[4]) liess Wicken einerseits sich im Lichte entwickeln, andererseits bei Abschluss desselben keimen, und er konnte in den erhaltenen Producten jedesmal Asparagin in reichlicher Menge nachweisen, ja die Quantitäten des gebildeten Körpers waren so beträchtlich, dass er letzteren aus den Pflanzen isoliren konnte. So schätzenswerth auch alle diese Resultate sind, so geben sie uns doch keinen genaueren Aufschluss über die physiologische Bedeutung des Asparagins. Diese zuerst klar erkannt und nachdrücklich auf sie hingewiesen zu haben, ist Pfeffers Verdienst[5]). Es sind nach Pfeffer vor allem die

1) Boussingault, Compt rend. T. 55. p. 883.
2) Landwirthsch. Versuchsstationen. Bd. IX.
3) Boussingault, Compt. rend. T. 58. p. 917.
4) Cossa, Versuchsstationen. Bd. XV. S. 182.
5) Pfeffer, Ebendaselbst. S. 118.

Papilionaceen, in denen bei Beginn der Entwickelung das Asparagin auftritt. Es sind die Proteïnstoffe, welche das Material zur Asparaginbildung liefern, und die physiologische Bedeutung des Körpers soll darin bestehen, dass durch ihn die Translocation der Proteïnstoffe vermittelt wird. So ziemlich aller Stickstoff ist in den Samen in Form von Proteïnstoffen vorhanden; das massenhaft auftretende Asparagin kann demnach keiner andern Substanz als eben der letzteren entstammen. Wenn das Amid wieder verschwindet, Proteïnstoffe aber an seine Stelle treten, und dies ist, wie wir später sehen werden, wirklich unter Umständen der Fall, so müssen die letzteren aus jenem regenerirt sein. Pfeffer berührt in der citirten Abhandlung schon die Verhältnisse, welche sich auf das Verhalten des Asparagins bei Lichtzutritt und beim Abschluss des Lichtes beziehen; eingehender sind sie aber erst in einer neueren Mittheilung von ihm besprochen worden [1]).

Pfeffer hebt in dieser Arbeit zunächst hervor, dass die Pflanzen, (er experimentirte besonders mit Lupinus), welche im Dunkeln erzogen wurden, noch reichlich Asparagin enthielten, wenn die vergeilten Individuen zu Grunde gingen, dass dagegen sich in den Exemplaren, die im Lichte gediehen, zunächst allerdings auch Asparagin zeigte, dass dies aber später gänzlich verschwand und Proteïnstoffe an die Stelle traten. Diese Rückbildung der Proteïnstoffe aus Asparagin steht in keiner directen, vielmehr nur in einer indirecten Beziehung zum Lichte. Pfeffer vergleicht die Zusammensetzung des Asparagins und Legumins, woraus hervorgeht, dass das Asparagin ärmer an Kohlenstoff und Wasserstoff, reicher aber an Sauerstoff als das Legumin ist. Soll also eine Regeneration des Asparagins zu Proteïn eintreten, so muss Kohlenstoff und Wasserstoff aufgenommen, Sauerstoff aber abgeschieden werden, gerade wie bei der Bildung des Asparagins aus Legumin der Process in einem entgegengesetzten Sinne vor sich gehen muss. Bei der Keimung im Dunkeln findet sich nun kein geeignetes Material vor, um die Rückbildung des Asparagins herbeizuführen, oder wenigstens nicht genug desselben, um sämmtliches Asparagin zu regeneriren, indem die stickstofffreien Reservenahrungsstoffe der Samen der Papilionaceen nicht hinreichen, um gleichzeitig Verbrennungsmaterial, ferner Stoff für die Wachsthumsvorgänge und endlich noch Material

1) Pfeffer, Botanische Zeitung. 1874. S. 249.

zur Proteïnstofferzeugung aus dem Asparagin zu liefern. Wenn die Pflanzen dagegen unter dem Einflusse des Lichts assimiliren, so wird stickstofffreie Substanz neu producirt, so dass unter Umständen genügendes Material zur Regeneration der gesammten vorhandenen Asparaginquantität zur Disposition steht. Indirect wirkt das Licht aber nur bei diesen Vorgängen, da dann, wenn die Pflanzen in einer Atmosphäre vegetiren, die frei von Kohlensäure ist, die Regeneration auch unter Lichteinwirkung nicht statt hat; es kann nicht assimilirt, also auch kein Material zur Rückbildung des Asparagins producirt werden.

Interessant ist noch das Verhalten des Asparagins bei der Keimung von Tropaeolum majus. Hier tritt es nur in den ersten Stadien auf, verschwindet später wieder, seien die Pflanzen bei Zutritt oder Abschluss des Lichtes erzogen. In den ersten Keimungsstadien sind noch reichliche Mengen von stickstofffreien Reservenahrungsstoffen vorhanden; wenn also die Asparaginbildung frühzeitig sich einstellt, so reicht das vorhandene Material hin, um das gebildete Asparagin zu Eiweisssubstanz zu regeneriren; daher die Erscheinung des Verschwindens des Amids auch bei Abschluss des Lichts.

Sachsse[1]) hat sich neuerdings mehrfach mit der quantitativen Bestimmung des Asparagins beschäftigt. Er spaltete den Körper durch Kochen mit Chlorwasserstoffsäure in Asparaginsäure und Ammoniak und bestimmte das letztere im Azotometer mittelst bromirter Lauge. Sachsse[2]) fand, dass Erbsenkeimlinge, seien sie im Licht oder in der Dunkelheit gezogen, beträchtliche Asparaginmengen enthalten, und zwar stellte es sich heraus, dass die gebildete Asparaginmenge in beiden Fällen gleich gross war. Ich habe die von Sachsse angegebene Methode ebenfalls benutzt, um Asparaginbestimmungen in den Maispflänzchen auszuführen; hier mögen die Resultate dieser Untersuchungen folgen. Zunächst seien aber noch einige Worte über die Methode selbst gesagt. Ich habe mich von ihrer Brauchbarkeit überzeugt, bevor ich zu den eigentlichen Untersuchungen selbst übergiug. Eine grössere Quantität reinen, krystallisirten Asparagins wurde in Wasser gelöst. 30 C.C. dieser Lösung enthielten 0,1273 Asparagin $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$. Um mich von der Reinheit des Materials zu

1) Sachsse, Journal f. prkt. Chem. 1872. S. 118.

2) Sachsse, Versuchsstationen. 1874. S. 88.

überzeugen, habe ich Stickstoffbestimmungen mit der Substanz ausgeführt. 30 C.C. der Lösung wurden in einem sehr feinen Glasschälchen eingedampft, das Schälchen zerstossen, und nun dieses mit dem Rückstande mit Natronkalk in einem Mörser gemischt. Die Mischung wurde in ein Verbrennungsrohr eingefüllt und die Stickstoffbestimmung ausgeführt. Ferner wurde eine Quantität Asparagin abgewogen und in gewöhnlicher Weise der Stickstoffgehalt darin ermittelt. Es wurde gefunden:

18,69 % 18,59 %, Mittel 18,64 % N.

Nach der Berechnung soll das Asparagin 18,66 % N enthalten. Die Substanz war also rein, sie konnte zu den weiteren Bestimmungen benutzt werden.

30 C.C. der Asparaginlösung wurden mit Salzsäure [1]) $1^1/_4$ Stunde gekocht und zwar unter Ersatz des verdunstenden Wassers. Sämmtliches Ammoniak, welches sich so gebildet hatte, war in Form von Chlorammonium vorhanden und konnte nun leicht im Azotometer bestimmt werden. Als solcher diente der Apparat, den Dietrich zur Kohlensäurebestimmung construirt hat. Die saure Flüssigkeit wurde in ein geräumiges Glas gebracht, mit etwas Natronlauge neutralisirt, und nun ein kleines Glas, in dem sich die bromirte Lauge befand, in das grössere Gefäss gestellt, dies letztere mittelst eines durchbohrten Korkes verschlossen, und endlich die Verbindung mit der graduirten, Quecksilber enthaltenden Röhre hergestellt. Lässt man nun die bromirte Lauge zu der Ammoniak enthaltenden Flüssigkeit treten, so beginnt eine lebhafte Stickstoffentbindung; das Quecksilber wird in dem einen Schenkel des Rohres hinunter gepresst, und, nachdem der Temperaturausgleich nach längerer Zeit stattgefunden hat, kann man die freigewordene Stickstoffquantität bestimmen. Die folgende Tabelle giebt die Resultate der Beobachtungen. In Columne 1 ist die angewandte Asparaginmenge verzeichnet. In Columne 2 die Temperatur, in 3 der Barometerstand, in 4 das abgelesene Gasvolumen, in 5 das auf 0° C. und 760 m.m. Barometerstand reducirte Gasvolumen, in 6 das daraus berechnete Gewicht des Stickstoffes in Grm., in 7 die berechnete Asparaginmenge.

---

1) Es sei hier ein für allemal bemerkt, dass stets ein 10 mal geringeres Volumen an H.Cl. benutzt wurde, als das der Flüssigkeit betrug. Hier kamen 3 C.C. zur Anwendung, bei 150 C.C. 15 C.C. HCl.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
0,1273	24	755	10,4	9,5	0,0119	0,1275
0,1273	24	755	10,4	9,5	0,0119	0,1275
0,1273	24	755	10,7	9,7	0,0122	0,1307
0,1273	24	748	11,0	9,9	0,0124	0,1343
0,0848	25	759	6,8	6,2	0,0078	0,0834

Die vorstehenden Zahlen zeigen, dass die Methode in der That genügt, um das Asparagin quantitativ zu bestimmen. Der Anwendung derselben zur Ermittelung des Asparagins in den Vegetationsproducten stehen indessen noch einige Bedenken entgegen. Es wäre nämlich möglich, dass die stickstoffhaltigen Stoffe, welche sich in den wässerigen Extracten, die in einer sogleich anzugebenden Weise aus den Samen und den Vegetationsproducten dargestellt wurden, finden, an sich schon bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure gewisse Ammoniakquantitäten lieferten. Nasse hat neuerdings besonders darauf hingewiesen, dass Eiweisskörper ein derartiges Verhalten unter gewissen Umständen zeigen. Ich habe 150 C.C. eines Extractes aus Maissamen mit HCl gekocht, die Flüssigkeit dann in den Azotometer gebracht und mit der bromirten Lauge geschüttelt, es konnte aber nicht die mindeste Stickstoffentwickelung wahrgenommen werden. Als aber 10 Gr. Samen mit 500 C.C. Wasser extrahirt wurden, um nun 150 C.C. mit Salzsäure einzudunsten und dann den aufgelösten Rückstand in dem Apparate mit der Lauge zu mischen, ergab sich eine Entbindung von 0,4 C.C. Stickstoff. Dies Verhältniss kann die Resultate der Untersuchungen indessen nicht störend beeinflussen, denn die Flüssigkeiten wurden ja nicht mit Salzsäure eingedampft; die Säure wirkte nie im concentrirten Zustande auf die Proteïnstoffe, vielmehr nur bei erheblicher Verdünnung. Es war nun ferner noch zu untersuchen, ob sich in den Vegetationsproducten nicht etwa ein Stoff findet, der schon ohne vorhergehende Behandlung mit Salzsäure Stickstoff ausgiebt, wenn er mit bromirter Lauge behandelt wird. Es stellte sich heraus, dass dies in der That der Fall war, und darum ist die Quantität des auf diese Weise frei werdenden Stickstoffs stets ermittelt und von derjenigen Menge, die nach der Behandlung der Flüssigkeit mit Salzsäure erhalten wurde, also derjenigen, welche dem Asparagin entstammte, in Abzug gebracht worden. Endlich habe ich noch zu 150 C.C. des wässerigen Extractes aus den Samen 20 C.C. der As-

paraginlösung hinzugefügt, mit Salzsäure gekocht und den Stickstoff im Azotometer bestimmt, um ganz sicher zu sein, dass die Gegenwart der organischen Substanz keinen Einfluss auf das Resultat ausübt. 0,0835 Gr. Asparagin wurde so in der Flüssigkeit gefunden, 0,0848 Gr. waren in den 20 C.C. gegeben.

Die Darstellung der Extracte geschah in folgender Weise. Die Substanz wurde mit 100 C.C. Wasser übergossen und damit $^1/_4$ Stunde gekocht. Nun kam es darauf an, ein klares Filtrat möglichst schnell zu erhalten. Sachsse hat gefunden, dass, wenn man in trübe Extracte von Samen, die Eiweissstoffe enthalten, und in denen sich Stärke im aufgequollnen Zustande befindet, Kohlensäure einleitet, dieselben dadurch leicht filtrirbar werden. Demzufolge brachte ich die Flüssigkeit mit den sich noch darin befindenden Quantitäten der Substanz, nachdem das Kochen beendigt war, in ein Becherglas, um nun gewaschene Kohlensäure einzuleiten. Etwa $^3/_4$ Stunden wurde dies fortgesetzt, dann ging das Filtriren in der That meist recht gut vor sich. Der Rückstand auf dem Filter wurde ausgewaschen, das Filtrat auf 200 C.C. gebracht, und in 100 C.C. der Stickstoff direct, in der andern Hälfte aber erst nach dem Kochen mit 10 C.C. Salzsäure bestimmt. Es ergab sich nun, dass die Samen und die Keimungsproducte der ersten Periode frei von Asparagin waren, dass aber sich in den übrigen Producten Asparaginmengen vorfanden[1]). Interessant ist auch dies Ergebniss, dass nämlich nur die Keimungsproducte einen Stoff enthielten, der schon ohne vorhergehende Behandlung mit Salzsäure Stickstoff im Azotometer ausgab; in den Producten der Lichtreihen, also No. 2 und 5, fehlte eine solche Substanz.

Die Resultate der Asparaginbestimmungen finden sich in folgender Tabelle verzeichnet. Die Angaben der Columnen sind folgende:

1. die benutzte Trockensubstanz der Vegetationsproducte in Gr.,
2. die Temperatur in ^{0} C.,
3. der Barometerstand in $^{\text{m.m.}}$,
4. das beobachtete Volum Stickstoff,
5. das beobachtete Volum des Stickstoffs, welches dem anderen Körper entstammt, der ebenfalls durch die Lauge zersetzt wird,

1) Pfeffer, vergl. Versuchsstationen Bd. XV. S. 121, hat auch schon im keimenden Mais die Gegenwart des Asparagins nachgewiesen. Genaueres über das Verhalten des letztern Körpers bei der Vegetation von Zea giebt er indessen nicht an.

6. das Volumen Stickstoff, welches der gesammten Asparaginmenge entspricht,
7. dies auf 0° C. und 760 Barometerstand reducirt,
8. die Gewichtsmenge Stickstoff,
9. die entsprechende Asparaginmenge,
10. diese in Procenten der Trockensubstanz,
11. die absolute Asparaginmenge, die sich in einer Quantität der Producte findet, welche 100 Gr. Samen entspricht,
12. Dieselbe als wasserfreies Asparagin $C_4H_8O_3N_2$ angegeben.

Asparaginbestimmungen in den Producten von

	No. 2.	No. 4.	No. 5.	No. 6.
1.	2,698	3,739	3,379	4,171
2.	27	27	23	29
3.	753	755	749	752
4.	1,2	2,1	1,1	6,5
5.	—	0,2	—	0,3
6.	2,4	3,8	2,2	12,4
7.	2,2	3,5	2,0	11,1
8.	0,00276	0,00439	0,00251	0,01392
9.	0,0296	0,0470	0,0269	0,1491
10.	1,10	1,26	0,80	3,57
11.	0,760	0,758	0,463	1,821
12.	0,668	0,667	0,407	1,602

Aus den hier mitgetheilten Zahlen geht deutlich hervor, dass die absolute Asparaginmenge, die sich aus den Proteïnstoffen des Maissamens während der ersten Entwickelungsperioden bildet, gleich ist, seien die Pflanzen im Lichte oder bei Abschluss desselben gezogen. Später ändert sich dies Verhältniss; die Producte der Dunkelreihe enthalten nun beträchtlich grössere Asparaginmengen als die der Lichtreihe. Es stehen diese Beobachtungen in völligem Einklange mit denen von Pfeffer; sie zeigen, dass bei Zea ganz ähnliche Processe während der Vegetation vorgehen, wie dies bei Leguminosen schon beobachtet ist. Wenn die Pflanzen sich noch im jugendlichen Alter befinden, dann ist das Endosperm noch reich an stickstofffreien Reservenahrungsstoffen; diese reichen aus, um Material zur Verbrennung, zum Wachsthum und zur Regeneration einer gewissen Asparaginmenge zu Proteïnstoffen zu liefern. Während der späteren Vegetationsperioden dauert die Asparaginbildung fort; bei den Pflanzen

der Dunkelreihe reichen die stickstofffreien Reservestoffe nicht mehr aus, um die drei Functionen gleichzeitig zu erfüllen, und dadurch kommt eine Anhäufung von Asparagin zu Stande. Die Pflanzen der Lichtreihe dagegen vermochten zu assimiliren, und dadurch war die Regeneration einer grösseren Asparaginquantität zu Eiweiss ermöglicht. Es wäre denkbar, dass während der ersten Keimungsstadien überhaupt nur Asparaginbildung, keine Regeneration des Asparagins zu Proteïn stattfände. Dies ist aber eine Möglichkeit, die wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, da nicht einzusehen ist, weshalb, wenn in ferneren Keimungsstadien von Zea unter Lichteinfluss Regeneration des Asparagins eintritt, dies nicht auch in den ersten Perioden statthaben soll. Wird aber Asparagin unter Lichtzutritt während dieser Zeit regenerirt, so muss dies auch, da die Keimungsproducte der Licht- und Dunkelreihen gleich viel Asparagin enthalten, bei Lichtabschluss geschehen sein, und hier konnten dann lediglich die stickstofffreien Reservestoffe der Samen das Material zur Proteïnstoffbildung liefern. Die Untersuchungen Pfeffers, welche dieser mit Tropaeolum anstellte, zeigen, dass das Asparagin sehr wohl durch jene Stoffe regenerirt werden kann.

IV.

Das Verhalten der übrigen näheren organischen Bestandtheile in den Samen und den Vegetationsproducten und das der Mineralstoffe.

In diesem Abschnitte wollen wir schliesslich noch das Auftreten von Stärke, Zucker, Cellulose etc. in den Maissamen und den Vegetationsproducten besprechen, um daran verschiedene Betrachtungen anzuknüpfen, welche sich auf die Processe während der Vegetation beziehen. Was die Bestimmungsmethoden der näheren organischen Bestandtheile anbetrifft, so ist darüber einiges voranzuschicken.

Die Quantität der Proteïnstoffe wurde durch Multiplication der gefundenen Stickstoffmenge mit 6,25 ermittelt[1]). Um den Gehalt der Samen und der Vegetationsproducte an Fett, Stärke etc. zu

1) Natürlich wurde die dem Asparagin entsprechende Stickstoffmenge vorher abgezogen.

ermitteln, wurde die bei 103—105° C. getrocknete Substanz zunächst in einen Fettextractionsapparat gebracht. Dieser bestand aus einem Kölbchen, welches mittelst eines Korkes verschlossen werden konnte, aus einem birnenförmigen Gefässe, dessen unterer Theil sich zu einer Röhre verengte und endlich aus einem Rückflusskühler. Der Kork des Kölbchens besass eine Bohrung, in welche das Rohr der Birne einzuschieben war, der Rückflusskühler stand aber mit dem oberen Theile der Birne in Verbindung. Das Rohr der letzteren wurde mit Watte verstopft, auf welche die Substanz gelangte, und nun rectificirter Aether in das Kölbchen gebracht. Wenn man letzteres mittelst warmen Wassers erwärmt, so gelangt der Aether zur Substanz, kühlt man das Glas wieder ab, so fliesst die Flüssigkeit, die nun Fett gelöst enthält, zurück. Durch mehrfaches Wiederholen der Operationen des Erwärmens und Abkühlens kann man schliesslich sämmtliches Fett aus der Substanz extrahiren. Der Extract wurde eingedunstet, das Fett getrocknet und gewogen.

Die vom Fett befreite Substanz blieb in der Birne, sie wurde nun mit destillirtem Wasser von gewöhnlicher Zimmertemperatur extrahirt. Das Ausziehen solcher Massen, die reich an Stärke und Proteïnstoffen sind, geht oft sehr schwierig und langsam vor sich, wenn man nicht besondere Hülfsmittel anwendet. Eine möglichst schnelle Extraction ist aber geboten, da, wenn die Operationen zu viel Zeit in Anspruch nehmen, die Substanzen leicht in Fäulniss übergehen. Ich habe die wässerigen Auszüge darum unter Zuhülfenahme der Bunsen'schen Wasserluftpumpe bereitet. In der einen Hälfte der Extracte wurde der Zucker direct bestimmt. Die Flüssigkeit wurde nach und nach in erhitzte Fehling'sche Flüssigkeit gebracht und mit dieser 10 Minuten auf dem Wasserbade digerirt, um darauf das Kupferoxydul abzufiltriren. Nach dem Trocknen des Filters wurde dies verbrannt, die Masse mit einigen Tropfen Salpetersäure behandelt, dann geglüht und endlich das Kupferoxyd gewogen, um die Zuckermenge zu berechnen. Die zweite Hälfte der wässerigen Auszüge wurde genau eben so behandelt, nachdem sie zuvor 6—8 Stunden mit einer geringen Menge verdünnter Schwefelsäure gekocht worden war. Von der Menge des erhaltenen Kupferoxyds wurde die dem Zucker entsprechende Quantität in Abzug gebracht, der Rest aber auf Dextrin berechnet.

Nach dem Ausziehen der Substanz mit Wasser wurde sie aus

der Birne in ein Glas gebracht, die Watte ausgewaschen und die Flüssigkeit, in der sich die Theilchen suspendirt befanden, welche sich zwischen die Fasern der Watte gelagert hatten, zu der Hauptmasse der Substanz gebracht. Es kam jetzt auf die Bestimmung der vorhandenen Stärke an.

Die Methode, deren ich mich bei den Stärkebestimmungen bediente, war diejenige, welche Märker[1]) vor einiger Zeit empfohlen hat. Die Substanz wurde zunächst eine Stunde mit Wasser gekocht, dann wenige Tropfen einer 10proc. Schwefelsäure hinzugefügt und noch zwei Stunden in der Wärme digerirt. Das Stärkemehl war dann völlig gelöst, die Lösung wurde abfiltrirt und nun mit einer gewissen Schwefelsäuremenge, die 160 Gr. Hydrat im Liter enthielt, 6—8 Stunden unter Ersatz des verdunstenden Wassers gekocht, um sämmtliches Dextrin, welches sich bildete, in Zucker überzuführen. Oft suchte man die Ueberführung der Stärke in Zucker dadurch zu bewirken, dass man erstere unter höherem Drucke mit Schwefelsäure behandelte. Ich habe mich mehrfach davon überzeugt, sowohl bei Stärkebestimmungen in den Samen als auch bei Controlversuchen mit reiner Stärke, dass die Umwandlung ebenfalls durch Erhitzen bei 100° C. stattfindet. 1,1130 Gr. reiner Stärke wurden z. B. nach dem Trocknen mit 500 Cc. Wasser übergossen und nun in der angegebenen Weise die Stärke bei 100° C. in Zucker übergeführt. 150 C.C. der Lösung wurden zu 200 C.C. aufgefüllt und hiervon je 50 C.C. zu den Bestimmungen benutzt. Die 50 C.C. sollen 0,0835 Gr. Stärke enthalten, 0,0833 und 0,0823 Gr. wurden gefunden. Als Stärkebestimmungen in dieser Weise in den Samen vorgenommen, andererseits aber auch solche ausgeführt wurden, bei denen das Erhitzen im Papin'schen Topfe stattfand, erhielt ich gleiche Resultate, wie dies aus den analytischen Belegen hervorgeht. Ich habe auch versucht, die Stärkebestimmungen derartig auszuführen, dass die Substanzen mit bestimmten Mengen eines Malzextractes bei 60—65° C. 6 Stunden digerirt wurden, um dann nach dem Filtriren die Flüssigkeit mit Schwefelsäure zu behandeln. Bei der Anwendung dieser Methode musste natürlich durch Parallelversuche die Zuckermenge ermittelt werden, welche sich im Malzextracte nach der Behandlung mit Säure vorfand, um sie dann in Abzug zu bringen. Da-

1) Märker, Journal f. Landwirthschaft, 1872. S. 56.

durch wurde das Verfahren complicirter; es lieferte sonst ganz ähnliche Resultate wie das gewöhnlich angewandte.

Der nach dem Abfiltriren der Stärkelösung bleibende Rückstand wurde in bekannter Weise mit Kalilauge behandelt, dann mit Wasser ausgekocht, auf ein Filter gebracht, mit Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Die in der gewonnenen Masse enthaltene Asche ist dann noch bestimmt worden. Die organische Substanz der ersteren wird in den Tabellen als Rohfaser aufgeführt werden. Die Untersuchungen ergaben nun die folgenden Resultate:

Zusammensetzung der Samen:

Fett	5,46
Zucker	Spur
Dextrin	1,99
Stärke	73,29
Proteïn	10,69
Asparagin	—
Rohfaser	1,73
Asche	1,50
Unbest. Stoffe	5,34
	100,00.

Zusammensetzung der gesammten Producte der Dunkelreihen:

	No. 7.	No. 4.	No. 6.
Fett	6,42	5,20	5,41
Zucker	6,00	2,91	—
Dextrin	1,10	6,92	3,23
Stärke	62,66	27,31	23,00
Proteïn	11,13	14,69 [1])	15,50
Asparagin	—	1,11	3,15
Rohfaser	3,53	10,25	14,41
Asche	1,83	2,84	3,47
Unbest. Stoffe	7,33	28,77	31,83
	100,00	100,00	100,00

1) Die Proteïnstoffmenge ist aus derjenigen Stickstoffquantität berechnet, welche erhalten wird, wenn man von der gesammten Stickstoffmenge die dem Asparagin entsprechende Stickstoffquantität subtrahirt. Das Asparagin ist natürlich als wasserfreie Substanz berechnet worden.

Tabelle über den absoluten Verlust und Gewinn der Producte der Dunkelreihen an näheren Bestandtheilen.

	1. 100 Gr. Samen enthalten	2. Die nach Periode 1 rückstd. 90,99 Gr. enthalten	3. Differenz von Columne 1—2	4. Die nach Periode 2 rückstd. 60,19 Gr. enthalten	5. Differenz von Columne 2—4	6. Die nach Periode 3 rückstd. 51,01 Gr. enthalten	7. Differenz von Columne 4—6
Fett	5,46	5,84	+ 0,38	3,13	— 2,71	2,76	— 0,37
Zucker	Spur	5,46	+ 5,46	1,75	— 3,71	—	— 1,75
Dextrin	1,99	1,00	— 0,99	4,16	+ 3,16	1,55	— 2,61
Stärke	73,29	57,01	— 16,28	16,43	— 40,58	11,73	— 4,70
Proteïn	10,69	10,14	— 0,55	8,84	— 1,30	7,91	— 0,93
Asparagin	—	—	—	0,67	+ 0,67	1,61	+ 0,94
Rohfaser	1,73	3,21	+ 1,48	6,17	+ 2,96	7,35	+ 1,18
Asche	1,50	1,67	+ 0,17	1,71	+ 0,10	1,77	+ 0,06
Unbest. Stoffe	5,34	6,66	+ 1,32	17,30	+ 10,64	16,33	— 0,97

Zusammensetzung der gesammten Producte der Lichtreihen:

	No. 2.	No. 5.
Fett	6,21	6,18
Zucker	0,46	0,60
Dextrin	3,99	3,15
Stärke	34,12	28,86
Proteïn	13,56	15,25
Asparagin	0,97	0,70
Rohfaser	11,05	13,61
Asche	2,65	3,04
Unbest. Stoffe	26,99	28,61
	100,00	100,00

Tabelle über den absoluten Verlust und Gewinn der Producte der Lichtreihen an näheren Bestandtheilen.

	No. 2. 69,1 Gr. Rückstand enthalten	No. 5. 57,9 Gr. Rückstand enthalten	Differenz zwischen No. 2 und No 4.	Differenz zwischen No. 5 und No. 6.
Fett	4,29	3,58	+ 1,16	+ 0,82
Zucker	0,28	0,35	— 1,47	+ 0,35

	No. 2. 69,1 Gr. Rückstand enthalten	No. 5. 57,9 Gr. Rückstand enthalten	Differenz zwischen No. 2 und No. 4.	Differenz zwischen No. 5 und No. 6.
Dextrin	2,76	1,82	— 1,40	+ 0,27
Stärke	23,58	16,71	+ 7,15	+ 4,98
Proteïn	9,37	8,83	+ 0,53	+ 0,92
Asparagin	0,67	0,41	—	— 1,20
Rohfaser	7,64	7,88	+ 1,47	+ 0,53
Asche	1,83	1,76	+ 0,12	— 0,01
Unbest. Stoffe	18,65	16,56	+ 1,35	+ 0,23

Zusammensetzung der Organe der Producte der Dunkelreihe:

	a. Wurzeln	b. Stengel	c. Blätter	d. Samenrückstände
Fett	3,33	2,20	3,61	7,85
Zucker	4,21	1,81	—	6,46
Dextrin	2,33	1,09	2,50	3,66
Stärke	8,28	7,38	4,69	41,10
Proteïn	18,38	19,94	27,69	9,44
Rohfaser	20,13	28,15	25,41	7,03
Asche	6,78	6,73	7,30	1,49
Unbest. Stoffe	36,56	32,70	28,80	22,97
	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabelle über den absoluten Gehalt der producirten Organe der Dunkelreihe an näheren Bestandtheilen.

	a. 8,31 Gr. enthalten	b. 5,0 Gr. enthalten	c. 12,0 Gr. enthalten	d. 33,63 Gr. enthalten
Fett	0,28	0,11	0,43	2,64
Zucker	0,35	0,09	—	2,17
Dextrin	0,19	0,05	0,30	1,23
Stärke	0,69	0,37	0,56	13,83
Proteïn	1,53	1,00	3,32	3,17
Rohfaser	1,67	1,41	3,04	2,36
Asche	0,56	0,34	0,89	0,50
Unbest. Stoffe	3,04	1,64	3,46	7,73

Zusammensetzung der Organe der Producte der Lichtreihe:

	a. Wurzeln	b. Stiele	c. Blätter	d. Samenrückstände
Fett	0,85	0,93	3,01	8,50
Zucker	0,57	1,59	1,62	0,68
Dextrin	1,04	1,75	Spur	2,40
Stärke	8,15	2,78	4,76	38,14
Proteïn			21,13	12,75
Rohfaser		29,86	22,65	10,62
Asche			5,20	3,36
Unbest. Stoffe			41,63	23,55
			100,00	100,00

Tabelle über den absoluten Gehalt der producirten Organe der Lichtreihe an näheren Bestandtheilen.

	a. 9,80 Gr. enthalten	b. 5,69 Gr. enthalten	c. 10,39 Gr. enthalten	d. 42,66 Gr. enthalten
Fett	0,08	0,05	0,31	3,63
Zucker	0,06	0,09	0,17	0,29
Dextrin	0,10	0,10	Spur	1,02
Stärke	0,80	0,16	0,49	16,27
Proteïn			2,20	5,44
Rohfaser		1,70	2,55	4,53
Asche			0,54	1,43
Unbest. Stoffe			4,33	10,05

Mancherlei Resultate der Untersuchungen ergeben sich unmittelbar aus den vorstehenden Tabellen. Auf mehrere Punkte müssen wir indessen genauer eingehen. In welchem Verhältnisse steht die Menge der verschwundenen Stärke zu derjenigen des Kohlenstoffs, welche während der Keimungsperioden ausgehaucht wurde?

Während der ersten Keimungsperiode haben 100 Gr. Samen 16,28 Gr. Stärke verloren. 16,28 Gr. Stärke enthalten 7,235 Gr. Kohlenstoff. Wir sahen früher, dass 100 Gr. Samen während der ersten Keimungsperiode 4,57 Gr. Kohlenstoff aushauchten. Es verhalten sich nun:

$$7{,}235 \text{ Gr. C} : 4{,}57 \text{ Gr. C} = \text{C } 12 : \text{C } 7{,}58.$$

Wir ersehen aus diesen Angaben, dass auf 48 Atome Kohlenstoff, die während des ersten Keimungsstadiums von Zea aus ihrer Verbindung als Stärke in andere Verbindungen übergehen, 30 Atome

Kohlenstoff als Kohlensäure ausgehaucht werden. Unsere früheren Angaben, vergl. S. 73, zeigten, dass während dieser Zeit auf 1 Atom C genau 0,5 Atome O verschwinden, auf 30 Atome C also 15 Atome O. Es geht aus unseren Tabellen hervor, dass es wesentlich Stärke ist, die während der ersten Keimungsperiode der Zersetzung anheim fällt, und unter Berücksichtigung dieses Factums, ferner aber der soeben gegebenen Berechnung, können wir folgende Zersetzungsgleichung aufstellen:

$$4\,(C^{12}H^{10}O^{10}) = C^{30} + O^{15} + H^{40-x} + C^{18}O^{25}H^{x}.$$

Aus Gründen, die wir noch hervorheben werden, lassen wir den Wasserstoff hier zunächst unberücksichtigt. Die Gleichung drückt aus, dass die drei ersten Glieder der rechten Seite aus den Samen ausgetreten sind, das letzte Glied dagegen in ihnen verblieb, um in andere Verbindungen überzugehen.

Während der zweiten Keimungsperiode sind 40,58 Gr. Stärke verschwunden. Die 40,58 Gr. Stärke enthalten 18,03 Gr. Kohlenstoff. Wir sahen, dass 100 Gr. Samen während der zweiten Keimungsperiode 14,12 Gr. Kohlenstoff verloren. Es verhalten sich nun:

$$18{,}03 \text{ Gr. C} : 14{,}12 \text{ Gr. C} = C^{12} : C^{9,40}.$$

Wir machten schon früher darauf aufmerksam, dass die atomistischen Verhältnisse, in denen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff während des zweiten Keimungsstadiums von Zea austreten, mit denen die grösste Aehnlichkeit haben, welche Sachsse bei der Keimung der Erbse beobachtete. Zu meiner grossen Ueberraschung fand ich nun, dass solche Analogie noch weiter zu verfolgen ist, dass das Verhältniss zwischen der verschwundenen Stärke und dem ausgehauchten Kohlenstoff während der Keimung der Erbse und der zweiten Keimungsperiode des Mais sich in hohem Grade ähnlich ist. Sachsse[1]) fand folgende Verhältnisse:

Perd. 1. 1,93 Gr. C : 1,61 Gr. C $= C^{12} : C^{10,01}$

„ 2. 2,09 „ „ : 1,73 „ „ $= C^{12} : C^{9,93}$.

Man hätte glauben können, dass die Aehnlichkeit, ja fast absolute Gleichheit bezüglich der atomistischen Verhältnisse, in denen die Elemente während der Keimung der verschiedenen Samen ausgeschieden sind, vielleicht nur durch ein Spiel des Zufalls herbeigeführt sei. Ein solcher Gedanke muss aber verschwinden, wenn

1) Sachsse, Keimung v. Pisum. S. 38.

man weiter sieht, dass auch die verschwundenen Stärkemengen sich entsprechen. Wir erhalten sehr annähernd das Resultat, welches Sachsse aus seinen Untersuchungen ableitet, dass auf 12 Atome Kohlenstoff, welche aus der Verbindung als Stärke in andere Verbindungen übergehen, 10 Atome den Samen verlassen. Wir finden, dass auf 10 Atome C genau 8 Atome O und 6,5 Atome H verschwinden, Sachsse giebt an, dass auf 10 Atome C 8 Atome O und 6,7 Atome H den Samen verlassen. Wir erhalten somit dieselbe Zersetzungsgleichung für die zweite Keimungsperiode des Mais, welche Sachsse für Erbsen angiebt. Sie ist:

$$C^{12}H^{10}O^{10} = C^{10} + O^{8} + H^{10-x} + C^{2}H^{x}O^{2}.$$

Wir wollen die Vermuthungen nicht wiederholen, welche Sachsse über das letzte Glied der rechten Seite der Gleichung äussert. Es ist möglich, dass dasselbe als $C^2H^2O^2$, d. h. als Methylaldehyd zu betrachten ist. Auf jeden Fall geht aus dem Gesagten hervor, dass sich eine überraschende Aehnlichkeit bezüglich der chemischen Processe bei der Keimung der Erbse und dem zweiten Keimungsstadium des Mais findet. Es ist in jedem Falle wesentlich die Stärke, welche zersetzt wird; ein bedeutender Theil derselben dient zur Verbrennung, ein anderer liefert das Material zur Bildung neuer Stoffe.

Wir unterlassen die Aufstellung einer Zersetzungsgleichung für die dritte Keimungsperiode des Mais. Es müssen ausser der Stärke in dieser Zeit noch beträchtliche Quantitäten anderer Stoffe zersetzt worden sein; die ausgehauchte Kohlenstoffmenge wird nämlich nicht durch den Kohlenstoff der verschwundenen Stärke gedeckt. In der That geht denn auch aus den Analysen hervor, dass in dieser Periode nicht nur Zucker und Dextrin, vielmehr auch unbestimmte Stoffe verschwunden sind. Möglicherweise kann auch der stickstofffreie Körper, der sich während der dritten Keimungsperiode in ziemlich beträchtlicher Menge neben Asparagin aus dem Proteïn bilden muss, eine gewisse Kohlenstoffmenge zur Oxydation darbieten.

Das Verhalten des Wasserstoffs während der Keimung ist sehr eigenthümlicher Art. Schon Sachsse hatte beobachtet, dass während der zweiten Keimungsperiode der Erbsen mehr Wasserstoff ausgeschieden wird, als die verschwundene Stärke zu liefern im Stande ist. Ganz Aehnliches ist während der ersten und dritten

Keimungsperiode des Mais der Fall; während der zweiten Periode finden wir dagegen, dass weniger Wasserstoff austritt als der verschwundenen Stärke entspricht; wir haben hier denselben Fall vor uns, wie ihn Sachsse für die erste Keimungsperiode der Erbse constatirte. Während der ersten und dritten Keimungsperiode des Mais und während der zweiten Keimungsperiode der Erbse müssen es ausser der Stärke noch andere Substanzen sein, die den Wasserstoff liefern, welcher durch Oxydation verloren geht.

Wenden wir uns noch zur Betrachtung einiger Verhältnisse, die sich auf die Stoffmetamorphose während der Vegetation von Zea beziehen, so wäre darüber Folgendes hervorzuheben.

Während der Keimungsperioden nimmt der Gehalt der Pflanzen an Stärke und Fett fortschreitend ab. Die Menge des in den Keimungsproducten enthaltenen Zuckers und Dextrins ist verschieden. Während der ersten Periode bildet sich eine beträchtliche Zuckerquantität, während der zweiten und dritten Periode verschwindet dagegen der Zucker wieder, so dass sich in den Producten, die nach Ablauf des letzten Keimungsstadiums erhalten wurden, kein Zucker mehr vorfand. In den Maissamen konnten nur minimale Zuckermengen nachgewiesen werden; während der Keimung nimmt der Zuckergehalt der Pflanzen zunächst zu, um dann wieder fortschreitend abzunehmen [1]). Die Dextrinmenge in den Pflanzen vermehrt sich dagegen während der zweiten Keimungsperiode, während der dritten nimmt sie wieder ab, wie dies auch schon während des ersten Keimungsstadiums der Fall war. Die Rohfaser, jene Substanz, die wesentlich aus Cellulose besteht, zeigt eine continuirliche Zunahme. Die unbestimmten Stoffe endlich weisen ein ähnliches Verhalten auf, nur während der letzten Periode verschwindet ein Theil derselben. Diese Beobachtungen bestätigen die Richtigkeit der Ansichten, welche Sachs [2]) über die allgemeinen Verhältnisse ausspricht, die sich uns während der Keimung der Samen bezüglich der Stoffmetamorphose zeigen, sie stehen ferner im Einklange mit den Folgerungen, die Boussingault [3]) aus seinen Untersuchungen über die Maiskeimung zieht.

---

1) Vergl. Sachs, preussische Ann. d. Landwirthsch. 1862. S. 196.

2) Sachs, Lehrbuch d. Botanik 1874. S. 677.

3) Boussingault, Compt. rend. T. 58. p. 917.

Das wichtigste Resultat, welches sich aus der Betrachtung der Analyse der Producte der Lichtreihen ergiebt, ist dieses, dass wir hier den Producten der Dunkelreihen gegenüber einen höheren Stärkegehalt vorfinden. Aus der Vergleichung der Zusammensetzung der Samenrückstände der Dunkel- und Lichtreihe ergiebt sich, dass dort der Gehalt der Rückstände an Reservenahrungsstoffen geringer ist als hier, dass also unter dem Einflusse des Lichtes weniger Substanzen den Samen verliessen, als dies bei Abschluss des Lichtes der Fall war. Wir haben nun gesehen, dass die Production an Organen, an Wurzeln, Stengeln und Blättern, in der Dunkel- und Lichtreihe in Summa fast ganz gleich ist. Daraus, ferner aber auch aus der Thatsache, dass die Samenrückstände unter dem Einflusse des Lichtes weniger Material als im Dunkeln verloren haben, folgt, dass sich ein beträchtlicher Theil der organischen Substanz, der Wurzeln, Stengel und Blätter der Producte der Lichtreihen auf Kosten vorher durch Assimilation dem Organismus zugeführter Stoffe gebildet haben muss. Wäre dies nicht der Fall gewesen, so müsste die Quantität der unter Lichteinfluss producirten Organe geringer als diejenige sein, welche sich bei Abschluss des Lichts lediglich auf Kosten der Reservestoffe der Samen entwickelte.

Nachtrag.

Neuerdings hat Professor Laskovsky[1]) Untersuchungen über die Keimung des Kürbissamens veröffentlicht. Die Publication erfolgte erst, als ich die Resultate meiner Arbeit schon niedergeschrieben hatte; wir berühren darum die Beobachtungen jenes Mannes erst hier.

Laskovsky fand, was mit den Ergebnissen unserer Untersuchungen übereinstimmt, dass, wenn das Fett bei der Keimung ölhaltiger Samen allmählig verschwindet, dafür Stärke und Cellulose auftreten. Wichtig ist ferner, dass er ebenfalls in seinen Keimungsproducten absolut mehr Sauerstoff als im ruhenden Kürbissamen vorfand. Es bestärkt mich dies in meiner ausgesprochenen Ansicht,

1) Landwirthschaftliche Versuchsstationen. B. XVII. S. 219.

derzufolge die Vorgänge bei der Keimung öl- und stärkereicher Samen sich wesentlich dadurch unterscheiden, dass dort die absolute Sauerstoffmenge der Producte erhöht, diese hier aber beträchtlich vermindert wird. Vergleicht man unsere bezüglichen Resultate beim Hanf mit denen, welche bei der Keimung des Mais erhalten wurden, so tritt dies Verhältniss schlagend hervor.

Analytische Belege.

Untersuchungen über die Keimung ölhaltiger Samen.

Zu I.

Trockensubstanzbestimmungen in den Samen.

8,3954	Grm. Hanf	gaben	7,5588	Grm.	= 90,04	%.
4,9954	„ „	„	4,4972	„	= 90,03	„
5,5794	„ „	„	5,0127	„	= 89,84	„
5,1987	„ „	„	4,6470	„	= 89,39	„
4,9465	„ „	„	4,7499	„	= 89,41	„
4,9954	„ „	„	4,4972	„	= 90,03	„
7,1225	„ „	„	6,3827	„	= 89,61	„
7,6750	„ „	„	6,8925	„	= 89,80	„
8,1835	„ „	„	7,3570	„	= 89,90	„
8,0715	„ „	„	7,2522	„	= 89,85	„
6,7935	„ „	„	6,1221	„	= 90,12	„
8,1376	„ „	„	7,3247	„	= 90,01	„
4,1695	„ „	„	3,7475	„	= 89,88	„
4,5201	„ „	„	4,0760	„	= 90,17	„
				Mittel	= 89,86	„
2,8504	Grm. Raps	gaben	2,5915	Grm.	= 90,92	%.
3,2640	„ „	„	2,9663	„	= 90,90	„
2,0001	„ „	„	1,8181	„	= 90,88	„
				Mittel	= 90,90	„
4,3917	Grm. Mohn	gaben	4,0125	Grm.	= 91,37	%.
3,3715	„ „	„	3,0793	„	= 91,33	„
1,6010	„ „	„	1,4617	„	= 91,30	„
				Mittel	= 91,33	„

Kohlensäuregehalt der Luft des Laboratoriums.

Titer v. 30 C.C. Barytwasser[1].	Nachheriger Titer.	Differenz $\times$ $6^2/_3$ CO^2. in 38 Ltr. Mg.
87,0	78,6	56,0
85,0	78,6	42,7
85,5	76,5	60,0

Zu II.

Trockensubstanzbestimmungen in den Keimungsproducten der Hanfsamen.

Periode 1.	0,7645 Grm.	gaben	0,7245 Grm.	= 94,87 %
	0,8732 „	„	0,8284 „	= 94,77 „
	0,9357 „	„	0,8883 „	= 94,93 „
			Mittel	= 94,86 %
Periode 2.	1,7589 Grm.	gaben	1,6586 Grm.	= 94,30 %
	0,3807 „	„	0,3589 „	= 94,27 „
			Mittel	= 94,29 %

Aschenbestimmungen im Hanfsamen.

6,1010 Grm. Trockensubstanz gaben 0,2746 Grm. Asche = 4,50 %.

Stickstoffbestimmungen.

Material.	Sb. Grm.	Trksb. Gr.	Titer. C.C. vorher.	Titer. C.C. nachher.	Stickstoff. Grm.	Stickstoff. %.
Hanfsamen	0,4823	0,4334	74,1	65,0	0,01740	4,01
„	0,4556	0,4094	74,1	65,5	0,01644	4,02
„	0,4840	0,4349	74,1	65,0	0,01740	4,00
Periode 1.	0,5060	0,4800	75,3	65,3	0,01879	3,92
„	0,5140	0,4876	75,6	65,2	0,01949	4,00
Periode 2.	0,5457	0,5137	74,1	62,9	0,02142	4,17
„	0,5456	0,5137	74,1	62,9	0,02142	4,17
Rapssamen	0,5145	0,4677	75,3	64,7	0,01994	4,26
„	0,5693	0,5175	75,3	63,6	0,02201	4,25
Gekeimt		0,5628	81,0	66,7	0,02501	4,44
„		0,5601	81,0	66,8	0,02484	4,44

1) Bei Titerdifferenzen von $^1/_{10}$ C.C. war mir stets das höhere Resultat massgebend.

Elementaranalysen.

Hanfsamen.

1. 0,4681 Sb. = 0,4206 Trksb. = 0,8892 CO_2 = 0,2425 C = 57,66 % C.

= 0,3455 H_2O = 0,0384 H = 9,13 „ H.

2. 0,4745 „ = 0,4264 „ = 0,8921 CO_2 = 0,2431 C = 57,01 „ C.

= 0,3520 H^2O = 0,0391 H = 9,17 „ H.

3. 0,4220 „ = 0,3792 „ = 0,7950 CO_2 = 0,2168 C = 57,17 „ C.

= 0,3218 H_2O = 0,0358 H = 9,44 „ H.

4. 0,4200 „ = 0,3774 „ = 0,7920 CO_2 = 0,2160 C = 57,23 „ C.

= 0,3107 H_2O = 0,0345 H = 9,14 „ H.

Hanf. Periode 1.

1. 0,3332 Sb. = 0,3161 Trksb. = 0,6531 CO_2 = 0,1781 C = 56,34 „ C.

= 0,2428 H_2O = 0,0270 H = 8,54 „ H.

2. 0,4101 „ = 0,3890 „ = 0,8031 CO_2 = 0,2190 C = 56,30 „ C.

= 0,3005 H_2O = 0,0334 H = 8,59 „ H.

3. 0,4120 „ = 0,3908 „ = 0,8059 CO_2 = 0,2198 C = 56,24 „ C.

= 0,3043 H_2O = 0,0338 H = 8,65 „ H.

Zu IV.

Analyse von Hanfsamen.

8,1835 Sb. = 7,3537 Trksb. = 2,3823 Fett = 32,40 %.

4,1695 „ = 3,7467 „ = 1,2380 „ = 33,04 „

3,1990 „ = 2,8746 „ = 0,9322 „ = 32,46 „

2,1102 „ = 1,8962 „ = 0,6203 „ = 32,71 „

7,5680 Trockensubstanz = 1,3220 Rohfaser = 17,47 „

3,7621 „ = 0,6421 „ = 17,08 „

Mittel 17,28 %.

1,2013 Trksb. Rohfaser = 0,0260 Asche = 2,17 %

0,6299 „ „ zu N. Titer vorher 74,1, nachher 72,9

= 0,0023 N = 0,37 % N × 6,25 = 2,31 % Nh.

17,28 % Rohfsr. — 2,17 % Asche + 2,31 % Nh = 4,48 % = 0,77.

= 16,51 % Cellulose.

Analyse der Keimungsproducte Periode 1.

3,1491 Sb. = 2,9872 Trksb. = 0,530 Fett = 17,74 %.

100 C.C. = 0,0651 CuO = 0,0266 Stärke × 10 = 8,90 %.

100 „ = 0,0680 „ = 0,0277 „ × 10 = 9,27 „

0,541 Rohfaser = 18,11 %.

1,8009 Sb. = 1,7083 Trksb. = 0,300 Fett = 17,56 %.
100 C.C. = 0,0360 CuO = 0,0147 Stärke × 10 = 8,60 %.
0,3011 Rohfaser = 17,63 %.
Mittel der Rohfaser 17,87 — 4,48 % Asche + Nh = 0,80 = 17,07 % Cellulose.

2,1000 Sb. = 1,9920 Trksb. = 0,3510 Fett = 17,62 %.

Analyse der Keimungsproducte Periode 2.

1,7589 Sb. = 1,6586 Trksb. = 0,2660 Fett = 16,04 %.
100 C.C. = 0,0212 CuO = 0,0087 Stärke × 10 = 5,25 %.
100 „ = 0,0193 „ = 0,0079 „ × 10 = 4,76 „
0,3377 Rohfas. = 20,36 % — 4,48 % Asche + Nh = 0,91 = 19,45 % Cellulose.

1,2347 Trksb. = 0,2012 Fett = 16,29 %.
100 C.C. = 0,0140 CuO = 0,0057 Stärke × 10 = 4,62 %.

Analyse der Rapssamen.

3,0488 Sb. = 2,7713 Trksb. = 1,1739 Fett = 42,36 %.
4,0535 „ = 3,6846 „ = 1,5710 „ = 42,47 „
2,1001 „ = 0,8930 „ = 42,51 „

Analyse bei niederer Temperatur gekeimter Rapssamen.

1,7457 Trksb. = 0,7815 Fett = 44,77 %.
2,0510 „ = 0,9300 „ = 45,34 „

Analyse bei höherer Temperatur gekeimter Rapssamen.

2,3098 Trksb. = 0,9502 Fett = 41,13 %.
1,8032 „ = 0,7440 „ = 41,26 „

Analyse der Mohnsamen.

3,8353 Sb. = 3,5194 Trksb. = 1,4685 Fett = 41,73.

Analyse gekeimter Mohnsamen.

2,0930 Trksb. = 0,9500 Fett = 45,39 %.

Untersuchungen über die Vegetation von Zea Mays.

Zu I.

Trockensubstanzbestimmungen in den Samen.

7,190	lufttrk. Subst.	gaben	6,016	Trksb. = 83,67 %.
6,0335	„	„	5,0635	„ = 83,92 „
6,243	„	„	5,231	„ = 83,79 „
5,375	„	„	4,511	„ = 83,93 „
5,372	„	„	4,493	„ = 83,64 „
				Mittel = 83,79 „

Trockensubstanzbestimmungen in den Producten von Nr. 8 und 9.

Nr. 8.	5,898	lufttrk. Sb.	gaben	5,140	Trksb.	= 87,15 %.
„	5,391	„	„	4,697	„	= 87,13 „
					Mittel	= 87,14 „
„ 9.	8,673	„	„	7,602	„	= 87,65 „

Trockensubstanzbestimmungen in den nicht normal entwickelten Producten.

No. 1.	4,601	lufttrk. Sb.	gaben	4,043	Trksb.	= 87,87 %.
„ 2.	7,311	„	„	6,418	„	= 87,79 „
„ 3.	2,187	„	„	1,929	„	= 88,20 „
„ 4.	3,566	„	„	3,161	„	= 88,64 „
„ 5.	6,013	„	„	5,287	„	= 87,93 „
„ 6.	5,012	„	„	4,437	„	= 88,53 „
„ 7.	3,324	„	„	2,951	„	= 88,78 „
„ „	3,9745	„	„	3,531	„	= 88,84 „
					Mittel	= 88,81 „

Quantitäten der geernteten lufttrockenen Massen und Trockensubstanzbestimmungen in denselben.

No. 1.	Wurzeln 3,532 Trksb.					
„	Stengel 2,053 „					
„	Blätter 3,747 „				Trksbst.	
„	Samenrückstände	17,233	lfttrk. Sb.	4,808	= 4,292	= 89,27 %.
No. 2.		16,795	„	2,6545	= 2,3705	= 89,31 „
„ 3.	Wurzeln	5,138	„	2,0247	= 1,788	= 88,31 „
„	Stengel	3,606	„	1,9815	= 1,499	= 75,65 „
„	Blätter	7,640	„	2,715	= 2,328	= 85,75 „
„	Samenrückstände	20,956	„	3,5655	= 3,124	= 87,62 „
No. 4.		15,856	„	3,020	= 2,6543	= 87,89 „
„ 5.		12,941	„	3,234	= 2,880	= 89,05 „
„ 6.		17,582	„	3,774	= 3,287	= 87,10 „
				1,662	= 1,416	= 87,30 „
					Mittel	= 87,20 „
„ 7.		34,716	„	3,324	= 2,951	= 88,78 „
				3,9745	= 3,531	= 88,84 „
					Mittel	= 88,81 „

Zu II.

Stickstoffbestimmungen.

Material.	Luftk. Sb. Gr.	Trksb. Gr.	Titer. C.C. vorher.	nachher.	Stickstoff. Grm.	%.
Samen	0,5138	0,4305	75,5	71,6	0,00724	1,68
„	0,5641	0,4727	75,5	71,1	0,00818	1,73
No. 2.		0,2545	73,3	70,1	0,00607	2,39
„		0,3283	73,3	69,2	0,00777	2,37
No. 4.		0,500	71,8	65,1	0,01294	2,59
„		0,448	71,8	65,8	0,01158	2,58
No. 5.		0,7465	74,0	63,6	0,01953	2,63
„		0,339	74,0	69,4	0,00864	2,55
No. 6.		0,315	74,0	68,7	0,01000	3,17
„		0,314	74,0	68,8	0,00980	3,12
No. 7.		0,500	73,9	69,3	0,00862	1,72
„		0,493	73,9	69,1	0,00900	1,83

Aschenbestimmungen.

Material.	Luftk. Sb. Gr.	Trksb. Gr.	Aschenmenge. Grm.	%.
Samen	38,542	32,294	0,462	1,43
„	19,046	15,959	0,250	1,57
No. 2.		1,058	0,028	2,65
„ 4.		1,340	0,038	2,84
„ 5.		1,054	0,032	3,04
„ 6.		1,700	0,059	3,47
„ 7.	11,153	9,826	0,1797	1,83

Elementaranalysen.

Samen	Trksb.	0,2693	gaben	0,4696 CO_2	= 47,56 %	C.
			„	0,1893 H_2O	= 7,81 „	H.
„	„	0,2473	„	0,434 CO_2	= 47,86 „	C.
			„	0,1768 H_2O	= 7,95 „	H.
„	„	0,3057	„	0,5335 CO_2	= 47,60 „	C.
			„	0,216 H_2O	= 7,85 „	H.
„	„	0,286	„	0,4987 CO_2	= 47,56 „	C.
No. 2.	„	0,3253	„	0,5925 CO_2	= 49,68 „	C.
			„	0,2329 H_2O	= 7,96 „	H.
„	„	0,2698	„	0,4924 CO_2	= 49,78 „	C.
			„	0,194 H_2O	= 7,99 „	H.

No. 4.	Trksb.	0,220	gaben	0,3885	CO_2	= 48,16	%	C.
			„	0,162	H_2O	= 8,18	„	H.
„	„	0,310	„	0,546	CO_2	= 48,06	„	C.
			„	0,225	H_2O	= 8,06	„	H.
No. 6.	„	0,2773	„	0,4889	CO_2	= 48,09	„	C.
			„	0,202	H_2O	= 8,10	„	H.
„	„	0,316	„	0,558	CO_2	= 48,16	„	C.
			„	0,2286	H_2O	= 8,04	„	H.
No. 7.	„	0,3452	„	0,6017	CO_2	= 47,54	„	C.
			„	0,2215	H_2O	= 7,13	„	H.
„	„	0,3224	„	0,5578	CO_2	= 47,18	„	C.
			„	0,2023	H_2O	= 6,97	„	H.
„	„	0,301	„	0,5225	CO_2	= 47,34	„	C.
			„	0,1908	H_2O	= 7,04	„	H.

Zu III.

Stickstoffbestimmungen im Asparagin.

30 C.C. Lösung. Titer vorher = 71,8. Nachher = 59,5.
0,023790. N in 0,1273 Sb. = 18,69 %.
0,4107 Sb. Titer vorher = 71,8. Nachher = 32,2.
0,07635 N = 18,59 %.

Zu IV.

Analyse der Samen.

5,0635 Trksb. 0,276 Fett = 5,45 %.
1000 C.C. Wasserextract. 500 zu Dextrin = 0,100 CuO = 1,61 %.
500 C.C. zu Stärke. 100 C.C. im Papin'schen Topfe erhitzt, auf 100 C.C. gebracht, 50 C.C. zur Bestimmung = 0,907 CuO = 73,11 %.
100 C.C. bei 100° C. erhitzt, auf 100 gebracht, 50 zur Bestimmung = 0,9095 CuO = 73,31 %.
0,0935 Hf. — 0,0015 Asche = 1,82 %.

4,8265 Trksb. 0,264 Fett = 5,47 %.
500 C.C. Wasserextract. 200 zu Dextrin = 0,1032 CuO = 2,18 %.
200 zu Dextrin = 0,1032 CuO = 2,18 %.

500 C.C. zu Stärke. 200 auf 500 gefüllt, 50 zur Bestimmung = 0,346 CuO = 73,16 %. 50 zur Bestimmung = 0,348 CuO = 73,57 %.

0,0802 Hf. — 0,0013 Asche = 1,63 %.

Analyse der Keimungsproducte der ersten Periode. No. 7.

2,951 Trksb. 0,1903 Fett = 6,45 %.

600 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,0647 CuO = 5,96 %. 100 zu Zucker = 0,0652 CuO = 6,02 %. 150 zu Dextrin = 0,1132 CuO = 0,88 % [1]).

500 C.C. zu Stärke. 50 zur Bestimmung = 0,4547 CuO = 62,89 %.

Hf. 0,103 — 0,001 Asche = 3,46 %.

3,531 Trksb. 0,2255 Fett = 6,39 %.

600 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,078 CuO = 6,01 % 150 zu Dextrin = 0,136 CuO = 1,31 %.

500 C.C. zu Stärke, 50 zur Bestimmung = 0,540 CuO = 62,42 %.

Hf. 0,127 — 0,001 Asche = 3,60 %.

Analyse der Keimungsproducte der zweiten Periode. No. 4.

2,6543 abs. Trksb. 0,138 Fett = 5,20 %.

500 C.C. Wasserextract. 200 zu Zucker = 0,064 CuO = 2,74 %. 200 zu Zucker = 0,072 CuO = 3,07 %. 100 zu Dextrin = 0,124 CuO = 6,92 %.

Hf. = 0,276 — 0,004 Asche = 10,25 %.

2,227 Trksb. 500 C.C. zu Stärke. 50 zur Bestimmung = 0,150 CuO. 50 zur Bestimmung = 0,148 CuO = 27,49 u. 27,13 %.

0,225 Hf. — 0,004 Asche = 9,92 %.

Analyse der Keimungsproducte der dritten Periode. No. 6.

3,287 Trksb. 0,175 Fett = 5,32 %.

400 C.C. Wasserextract. 200 zu Dextrin = 0,130 CuO = 3,23 %.

---

1) 0,1132 Gr. CuO ist die Kupferoxydmenge, die dem Dextrin und dem Zucker in 150 C.C. entspricht. Die dem Zucker entsprechende Quantität musste also in Abzug gebracht werden.

500 C.C. zu Stärke. 50 zur Bestg. = 0,1805 CuO = 22,98 %.
50 zur Bestg. = 0,1835 CuO = 22,79 %.
0,480 Hf. — 0,0065 Asche = 14,41 %.

1,563 Trksb. 0,086 Fett = 5,50 %.
500 C.C. zu Stärke. 50 z. Bestg. = 0,089 CuO = 23,24 %.

Analyse der Producte der ersten Assimilationsperiode.
No. 2.

2,3705 Trksb. 0,149 Fett = 6,29 %.
200 Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,012 CuO = 0,46 %. 100 zu Dextrin = 0,128 CuO = 3,99 %.
200 C.C. zu Stärke, 50 z. Bestg. = 0,498 CuO = 34,30 %.
0,277 Hf. — 0,005 Asche = 11,05 %.

1,549 Trksb. 0,095 Fett = 6,13 %
200 C.C. zu Stärke. 50 zur Bestg. = 0,322 CuO = 33,93 %.

Analyse der Producte der zweiten Assimilationsperiode
No. 5.

2,880 Trksb. 0,178 Fett = 6,18 %.
200 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,019 CuO = 0,60 %. 100 zu Dextrin = 0,130 CuO = 3,15 %.
200 zu Stärke. 50 zur Bstg. 0,510 CuO = 28,92 %. 50 zur Bstg. 0,508 CuO = 28,80 %.
0,398 Hf. — 0,006 Asche = 13,61 %.

Stickstoffbestimmungen in den Organen der Producte der Licht- und Dunkelreihe.

No.	Trksb.:	Titer. vorher:	Titer. nachher:	% Stickstoff:
3a.	0,4146	71,2	65,0	2,94
3b.	0,453	73,1	65,5	3,19
3c.	0,423	71,2	65,8	4,34
„	0,2675	71,2	65,0	4,52
3d.	0,392	73,1	70,0	1,51
„	0,391	73,1	70,0	1,51
1c.	0,333	74,0	68,0	3,38
1d.	0,608	74,0	67,4	2,04

Aschenbestimmungen in den Organen der Producte der Licht- und Dunkelreihe.

No.	Trksb.	Asche. Gr.	Asche. %
3a.	0,605	0,041	6,78
3b.	0,342	0,023	6,73
3c.	0,918	0,068	7,41
3d.	2,658	0,0395	1,49
1c.	1,059	0,055	5,20
1d.	3,424	0,115	3,36

Analyse der Organe der Producte der Dunkelreihe. No. 3.

a. Wurzeln.

1,788 Trksb. 0,0596 Fett = 3,33 %.

1000 C.C. Wasserextract. 200 zu Zucker = 0,0332 CuO = 4,21 %. 300 zu Dextrin = 0,0775 CuO = 2,11 %. 300 zu Dextrin = 0,0832 CuO = 2,54 %.

250 C.C. zu Stärke. 50 z. Bstg. 0,073 CuO = 8,33 %. 50 z. Bstg. 0,072 CuO = 8,22 %.

0,362 Hf. — 0,002 Asche = 20,13 %.

---

b. Stengel.

1,499 Trksb. 0,033 Fett = 2,20 %.

500 C.C. Wasserextract. 150 zu Zucker = 0,018 CuO = 1,81 %. 200 zu Dextrin = 0,040 = CuO = 1,09 %.

200 C.C. zu Stärke. 100 z. Bstg. = 0,133 CuO = 7,24 %. 100 z. Bstg. = 0,138 CuO = 7,52 %.

0,430 Hf. — 0,008 Asche = 28,15 %.

---

c. Blätter.

2,328 Trksb. 0,084 Fett = 3,61 %.

500 Wasserextract. 200 zu Dextrin = 0,0555 CuO = 2,44 %. 200 zu Dextrin = 0,058 CuO = 2,55 %.

500 C.C. zu Stärke. 100 zur Bstg. = 0,0535 CuO = 4,69 %.

0,598 Hf. — 0,009 Asche = 25,30 %.

---

d. Samenrückstände.

3,124 Trksb. 0,2453 Fett = 7,85 %.

500 C.C. Wasserextract. 150 zu Zucker = 0,133 CuO = 6,43 %. 150 zu Zucker 0,135 CuO = 6,48 %. 150 zu Dextrin = 0,219 CuO = 3,66 %.

500 C.C. zu Stärke. 50 z. Bstg. = 0,313 CuO = 40,90 %. 50 z. Bstg. = 0,316 CuO = 41,29 %.
0,2225 Hf. — 0,003 Asche = 7,03 %.

Analyse der Organe der Producte der Lichtreihe. No. 1.

a. Wurzeln.

3,532 Trksb. 0,030 Fett = 0,85 %.
200 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,022 CuO = 0,57 %. 100 zu Dextrin = 0,067 CuO = 1,04 %.
500 C.C. zu Stärke. 50 z. Bstg. = 0,071 CuO = 8,20 %. 50 z. Bstg. 0,070 CuO = 8,09 %.

---

b. Stengel.

2,053 Trksb. 0,019 Fett = 0,93 %.
200 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,036 CuO = 1,59 % 100 zu Dextrin = 0,080 CuO = 1,75 %.
500 zu Stärke. 200 z. Bstg. 0,096 CuO = 2,78 %.
0,621 Hf. — 0,008 Asche = 29,86 %.

---

c. Blätter.

2,126 Trksb. 0,064 Fett = 3,01 %.
200 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,038 CuO = 1,62 %. 100 zu Dextrin = 0,039 CuO = Spur.
200 zu Stärke. 50 z. Bstg. = 0,062 CuO = 4,76 %.
0,489 Hf. — 0,0075 Asche = 22,65 %.

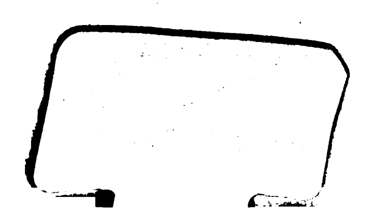
---

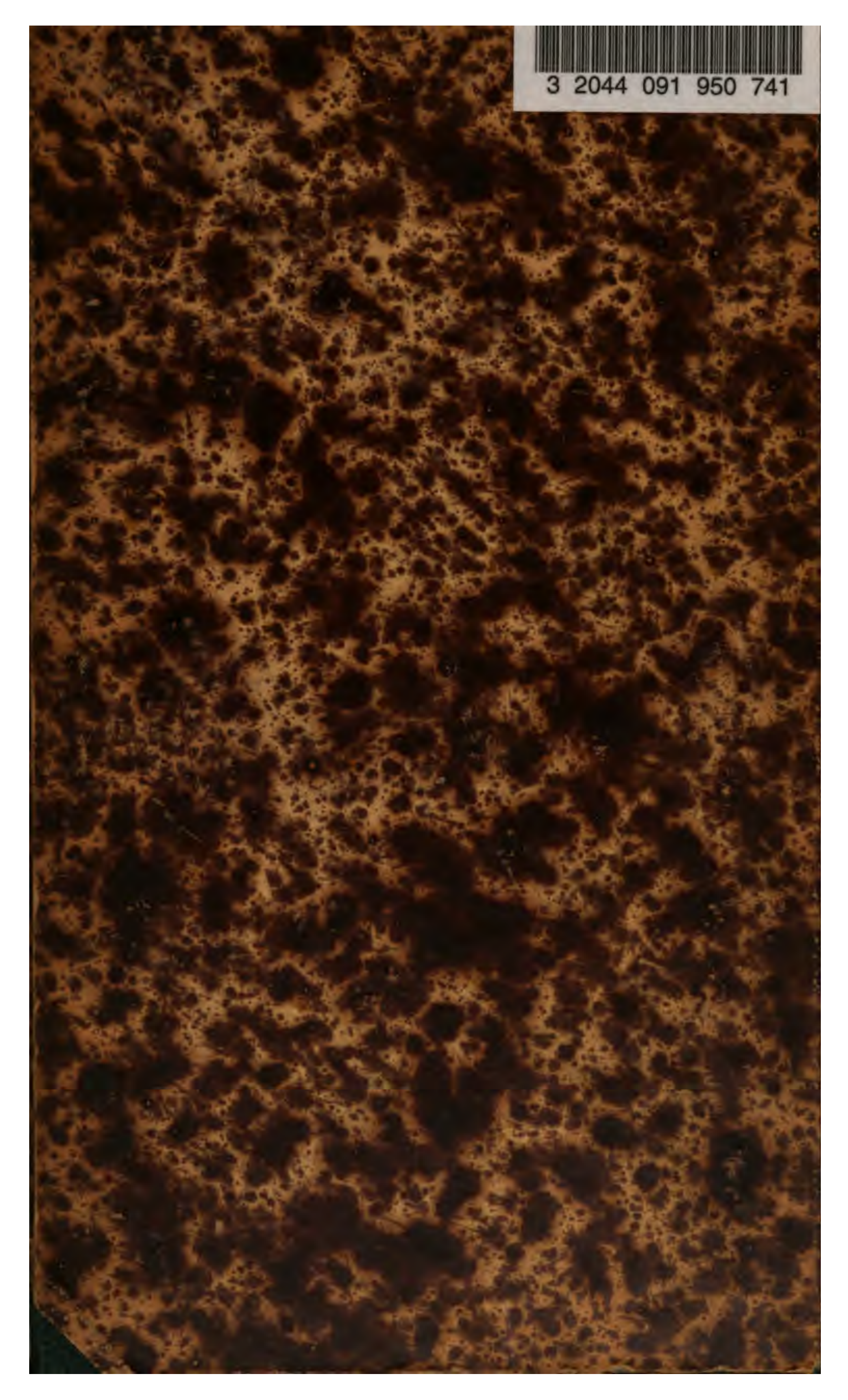
d. Samenrückstände.

4,292 Trksb. 0,365 Fett = 8,50 %.
200 C.C. Wasserextract. 100 zu Zucker = 0,032 CuO = 0,68 %. 100 zu Dextrin = 0,155 CuO = 2,40 %.
500 C.C. zu Stärke. 50 z. Bstg. = 0,400 CuO = 38,05 %. 50 z. Bstg. = 0,402 CuO = 38,23 %.
0,460 Hf. — 0,004 Asche = 10,62 %.

Druck von Friedrich Frommann in Jena.






3 2044 091 950 741